

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IDIANA MARA DA SILVA

RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO À CARBOIDRASES NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IDIANA MARA DA SILVA

RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO À CARBOIDRASES NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cinthia Eyng

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

da Silva, Idiana Mara
Resíduo seco de fecularia associado à carboidrases na alimentação de frangos de corte / Idiana Mara da Silva; orientador(a), Ricardo Vianna Nunes; coorientador(a), Cinthia Eyng, 2018.
51 f.

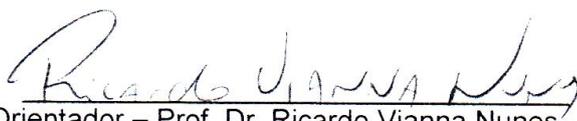
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2018.

1. Nutrição animal. 2. Avicultura. 3. Alimentos alternativos. 4. Enzimas exógenas. I. Vianna Nunes, Ricardo. II. Eyng, Cinthia. III. Título.

IDIANA MARA DA SILVA

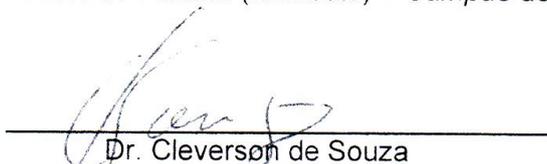
Resíduo seco de fecularia associado à carboidrases na alimentação de frangos de corte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de *Mestra em Zootecnia*. Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



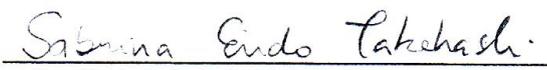
Orientador – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Dr. Cleverson de Souza

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – *Campus* de Mal. Cândido Rondon
(Bolsista PNP/CAPES do PPZ-Unioeste)



Prof.^a Dr.^a Sabrina Endo Takahashi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Dois Vizinhos

Marechal Cândido Rondon, 1º de março de 2018.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que permitiu que eu tivesse a grande oportunidade de estar concluindo mais uma etapa da minha vida e que me faz seguir em frente todos os dias na busca de novos conhecimentos e realizações.

Aos meus familiares, em especial minha mãe Leni Toseto pela paciência, dedicação, companheirismo e por me dar sempre apoio e suporte para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e a fundação CAPES, pela oportunidade e suporte na realização do curso de pós graduação em Zootecnia. Ao Professor Ricardo Vianna Nunes e Professora Cinthia Eyng, não somente pela orientação na universidade, mas pela experiência, ensinamentos e amizade construídas ao longo dessa etapa.

A todos os professores que ministraram aula e aos meus colegas de classe que contribuíram para meu aprendizado, me deixando mais preparada para os desafios do futuro profissional.

Aos colegas do grupo de pesquisa GEMADA, pela ajuda nos experimentos e trabalhos a campo e por toda ajuda durante os períodos de “correria”, sem vocês nada disso seria realidade.

Ao meu namorado João Vitorino Júnior, que me motiva todos os dias, não deixando que eu desanime perante às dificuldades, seguindo sempre ao meu lado, com companheirismo, paciência e muito amor.

As minhas amigas OTÁVIAS, que me proporcionam grandes momentos, a amizade e o apoio que cada uma de vocês me torna uma pessoa melhor e todas vocês tem a minha profunda admiração.

As minhas irmãs de coração Maria Luiza Schröder e Tais Dumke, que próximas ou distantes, permanecem sempre no meu coração e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dessa conquista, muito obrigada!

RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO À CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO – A realização deste estudo teve como objetivo avaliar o resíduo seco de fecularia (RSF) e sua inclusão associada ou não à suplementação de enzimas carboidrases sobre a produção de frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. No experimento I, foi realizado um ensaio de metabolismo utilizando 144 aves dos 22 aos 32 dias de idade. Foi utilizado um esquema fatorial 2x4 mais uma ração referência (RR), a qual ração referência sem adição de RSF e quatro tratamentos experimentais com níveis crescentes de inclusão do RSF (10; 20; 30 e 40%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases. O RSF foi submetido à análises bromatológicas e as excretas também foram e submetidas à análises bromatológicas para determinação da EMA, EMAn, CMA e CMAn. No experimento II, foi realizado um ensaio de desempenho utilizando 950 frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, em esquema fatorial 2x5 constituído de cinco tratamentos experimentais com níveis crescentes de inclusão do RSF (0; 2,5; 5,0; 7,5; e 10%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases. Aos 42 dias de idade, foi avaliado o desempenho, perfil bioquímico, rendimento de carcaça, corte e órgãos e avaliação da qualidade da carne. Como resultados, a composição encontrada para o RSF no experimento I, na matéria natural, foi de 89,86% de MS, 0,98% de PB, 3519 kcal kg⁻¹ de EB, 0,19% de EE, 27% de FDN, 19,5% de FDA, 0,33% de cálcio, 0,43% de fósforo, 0,46% de potássio e 0,12% de magnésio. A análise de variância não demonstrou interação entre a adição de carboidrases e a inclusão de níveis crescentes de RSF para os valores energéticos e os coeficientes de metabolizabilidade, entretanto, a inclusão de enzimas, independente dos níveis de RSF proporcionou aumento significativo nos valores de EMA e EMAn. Houve efeito quadrático para os níveis crescentes de inclusão do RSF, resultando em um maior valor de EMA e CMA ao nível estimado de 35,47% e para EMAn e CMAn ao nível estimado de 35,86% de inclusão do RSF. Para as variáveis determinadas no experimento II, para o desempenho foi constatada interação entre os níveis de inclusão do RSF e a suplementação enzimática para a CA. As aves que receberam dietas isentas de carboidrases apresentaram piora linear da CA conforme aumento dos níveis de inclusão e as aves que receberam suplementação enzimática mantiveram a CA. Houve interação entre os níveis de inclusão do RSF e a adição de enzimas para rendimento de peito. Observou-se redução linear do peso relativo da moela à medida que houve aumento dos níveis de inclusão, e, oposto à isso, observou-se aumento linear do peso relativo do intestino delgado e efeito da enzima sobre este parâmetro. O perfil sanguíneo teve resultados significativos para Creatinina e GamaGT. A variável de coloração “b*” da carne do peito e pés das aves, apresentou redução linear conforme aumento dos níveis de inclusão do RSF. Para qualidade de carne, a capacidade de retenção de água se comportou de forma quadrática conforme o aumento dos níveis de inclusão do RSF. Para as demais variáveis não foi constatada diferença significativa. Conclui-se que os maiores níveis de EMA e EMAn foram encontrados para o nível de inclusão médio do RSF de 35%, que a suplementação enzimática pode promover aumento desses parâmetros em até 12% em dietas para frangos de corte na fase de crescimento e que o RSF pode ser utilizado nas dieta de frangos de corte até o nível avaliado de 10% desde que suplementados com carboidrases para manutenção da conversão alimentar.

Palavras-chave: Aves, coproduto, enzimas exógenas, polissacarídeos não amiláceos.

DRY RESIDUE OF CASSAVA ASSOCIATED WITH CARBOHYDRASES IN FEED OF BROILERS

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the dry residue of cassava (DRC) and its inclusion, associated or not to the carbohydrase enzyme supplementation, on the production of broilers in the growth and finishing phases. In experiment I, a metabolism assay was performed using 144 birds from 22 to 32 days of age. Was used a 2x4 + RR factorial scheme, consisting of one reference diet without addition of RSF and four experimental treatments with increasing inclusion levels of DRC (10; 20, 30 and 40%) and the supplementation or not with an enzymatic blend of carbohydrases. The DRC was submitted to bromatological analysis and excreta were also submitted to bromatological analysis for the determination of AME, AMEn, CAME and CAMEn. In experiment II, a performance test was performed using 950 broiler chickens from 21 to 42 days, in a 2x5 factorial scheme consisting of five experimental treatments with increasing inclusion levels of DRC (0; 2,5; 5,0; 7,5, and 10%) and the supplementation or not with an enzymatic blend of carbohydrases. At 42 days of age, the performance, biochemical profile, carcass yield, cut and organs and evaluation of meat quality were evaluated. As a result, the composition found for DRC in experiment I in the natural material was 89.86% DM, 0.98% CP, 3519 kcal kg⁻¹ GE, 0.19% EE, 27% of NDF, 19.5% of ADF, 0.33% of calcium, 0.43% of phosphorus, 0.46% of potassium and 0.12% of magnesium. The analysis of variance showed no interaction between the addition of carbohydrases and the inclusion of increasing levels of DRC for the energetic values and the metabolizability coefficients, however, the inclusion of enzymes independent of the DRC levels provided a significant increase in the AME and AMEn. There was a quadratic effect for the increasing levels of inclusion of DRC, resulting in a higher value of AME and CAME at the estimated level of 35.47% and for AME and CAME at the estimated level of 35.86% inclusion of DRC. For the variables determined in experiment II, interaction between levels of inclusion of DRC and enzymatic supplementation for feed conversion (FC) was observed for the performance variables. Birds receiving carbohydrate-free diets presented a linear decrease of FC with the increased inclusion levels and birds that was supplemented with carbohydrates maintained the FC. There was interaction between DRC inclusion levels and the addition of enzymes to breast yield. A linear reduction in the relative weight of the gizzard was observed as there was an increase in inclusion levels, and a linear increase in the relative weight of the small intestine and the enzyme effect on this parameter were observed. The blood profile had significant results for Creatinine and GammaGT. The "b *" coloration variable of the breast meat and poultry feet presented a linear reduction as the DRC inclusion levels increased. For meat quality, the water retention capacity behaved in a quadratic manner as the DRC inclusion levels increased. For the other variables, no significant difference was found. It was concluded that the highest levels of AME and AMEn were found for the mean inclusion level of the DRC of 35% and that enzymatic supplementation could promote increase of these parameters by up to 12% in broiler diets in the growth phase and that DRC can be used in the diet of broiler chickens up to the 10% level, provided that they are supplemented with carbohydrases to maintain the feed conversion of broiler chickens in the growth and finishing phase.

Key words: Co-product, exogenous enzymes, non-starch polysaccharides, poultry.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
1.1 A Mandioca e o Resíduo Seco de Fecularia.....	11
1.2 Fatores Antinutricionais	13
1.3 Enzimas carboidrases na alimentação de frangos de corte	14
1.4 Referências	17
2. VALORES ENERGÉTICOS E COMPOSIÇÃO QUÍMICO BROMATOLÓGICA DO RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO A CARBOIDRASES PARA FRANGOS DE CORTE EM FASE DE CRESCIMENTO	21
2.1 Introdução.....	23
2.2 Material e Métodos.....	24
2.3 Resultados e Discussão	26
2.4 Conclusão	29
2.5 Referências	30
3. RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO A CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM FASE DE CRESCIMENTO.....	32
3.1 Introdução.....	34
3.2 Material e métodos	35
3.3 Resultados e Discussão	39
3.4 Conclusão	48
3.5 Referências	49

INTRODUÇÃO

O setor avícola é considerado uma das atividades pecuárias mais desenvolvidas e tecnificadas do mundo. Nos últimos anos, novos mercados abriram as portas para o Brasil e o país assumiu o segundo lugar entre os maiores produtores de carne de frango do mundo no ano de 2015, superando a China e alcançando uma produção de 12,90 milhões de toneladas em 2016 (ABPA, 2017).

No entanto, o preço do produto final aumentou consideravelmente para o consumidor. A explicação para o reajuste baseia-se no preço do milho, principal ingrediente das rações (ASGAV, 2016). Embora a produção nacional de cereais seja de aproximadamente 160,7 milhões de toneladas (IBGE, 2012), a valorização dos preços nacionais e internacionais, elevou o custo de produção da atividade avícola e reduziu as margens de comercialização.

Um cenário econômico como este, desperta o interesse dos pesquisadores em utilizar novos ingredientes, que visem à redução do custo das rações, sem comprometer o valor nutricional da dieta e o desempenho dos animais. Dentre as possibilidades, os subprodutos da agroindústria se destacam como alternativas viáveis, por se tratarem de materiais residuais, geralmente descartados pela indústria. Além disso, a importância de trazê-los para o mercado está relacionada ao seu descarte, pois caso não seja realizado de maneira adequada, pode causar a poluição de solos e de mananciais aquíferos (PELIZER et al., 2007).

Na industrialização da mandioca, durante o processo para obtenção da fécula, é gerado um subproduto volumoso denominado massa de mandioca. Esse material é composto da parte fibrosa da raiz, contendo as partes do amido que não foram extraídas durante o processamento (MARQUES e CALDAS NETO, 2002). A partir deste composto, é possível produzir o resíduo seco de fecularia (RSF), que corresponde ao farelo obtido da desidratação desse subproduto.

Esse processamento visa à transformação da massa úmida de mandioca em um produto passível de ser utilizado nas formulações de rações para monogástricos. No entanto, mesmo sendo considerado um ingrediente de alto valor energético, o RSF é pobre em proteína e tem altos níveis de fibra insolúvel (ARO, 2008).

Aliado ao interesse em utilizar este coproduto na alimentação de frangos de corte, a inclusão de enzimas exógenas às dietas têm sido estudada, principalmente com a finalidade de promover a hidrólise dos componentes indigestíveis do RSF, tornando-os mais disponíveis para a absorção. Dentre as diversas classificações de enzimas disponíveis no mercado, as carboidrases como a Xilanase, β -glucanase e α -amilase, são recomendadas para dietas

contendo coprodutos da mandioca com a finalidade de minimizar seus compostos indigestíveis (GERALDO et al., 2014).

Sendo assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição nutricional do RSF e a eficiência do uso de enzimas carboidrases na melhora da digestibilidade de seus nutrientes sobre o desempenho de frangos de corte.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A Mandioca e o Resíduo Seco de Fecularia

Originária do continente Americano, na região Amazônica, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um arbusto pertencente à ordem Malpighiales, da família Euphorbiaceae. Vinda de uma região tropical, a mandioca tem facilidade de cultivo em climas tropicais e subtropicais, com uma faixa ótima de temperatura variando de 20°C a 27°C (EMBRAPA, 2007).

É consumida por cerca de 500 milhões de pessoas no mundo e produzida em mais de 80 países. Entre os principais produtores destacam-se a Nigéria, Brasil, Tailândia, República Democrática do Congo e Indonésia (FAOSTAT, 2014), sendo o Brasil responsável por mais de 15% da produção mundial, com cerca de 25 milhões de toneladas de raízes/ano (SBM, 2016).

Na região Sul do país, o estado do Paraná é o principal produtor, contribuindo em média com 70% da produção agrícola na região e com cerca de 70% a 75% do volume brasileiro de fécula de mandioca. Atualmente, o Paraná possui 40 fecularias e aproximadamente 70 indústrias de farinha, localizadas em sua maioria nos núcleos regionais de Paranaíba, Campo Mourão, Toledo e Umuarama. Da mesma forma, o maior volume de exportações, somando janeiro e fevereiro de 2016, foi do estado do Paraná com 1,15 milhões de kg, Mato Grosso do Sul, seguidos por Santa Catarina e São Paulo com 815, 108 e 37 mil kg, respectivamente (CONAB, 2016).

As maiores importações também são feitas pelo Paraná, cerca de 240 mil kg, provenientes do Paraguai, seguido pelo estado de São Paulo, que importa a fécula de mandioca dos Estados Unidos (CONAB, 2016). A importação deste produto se faz necessária devido à quantidade de fécula produzida no país, utilizada pelas empresas modificadoras de amido, não suprir a demanda (CARDOSO et. al., 2007).

O rendimento médio atual da mandioca é de 12,8 toneladas por hectare, e o desenvolvimento de novas tecnologias na evolução da produtividade desse cultivo é crescente, já que a maior parte da produção ainda é realizada de forma rústica quando comparada às demais culturas. Segundo a FAOSTAT (2014), seria possível produzir até 23,2 toneladas de raízes de mandioca por hectare, o que geraria mais de 500 milhões de toneladas de mandioca por ano no mundo.

Sua raiz é composta por alto teor de carboidrato e baixo teor de proteína bruta (1% a 3%) (STUPAK et al., 2006). É fonte de carboidratos não estruturais, sobretudo amido, principal fonte de energia deste ingrediente (FERNANDES et al., 2016). A composição da mandioca (integral, raspa) possui 73,7% de teor de amido, 4,21% de fibra, 2,64% de proteína e 0,52% de gordura (ROSTAGNO et al. 2017).

Segundo Souza e Fialho, 2003, a raiz da mandioca apresenta aproximadamente 1.500 kcal de energia bruta por quilo de massa fresca, e pode variar de 3.200 a 3.600 kcal/kg após a sua desidratação.

Ao chegar à indústria, a raiz da mandioca é processada e resulta em vários produtos, tais como: fécula, farinha, polvilho azedo, chips entre outros produtos. O derivado industrial com maior potencial de comercialização é a fécula, representando 30% do mercado brasileiro de amido e sendo considerada a segunda matéria-prima mundial na produção de amido, perdendo apenas para o milho (VILPOUX, 2008).

No processo de industrialização para obtenção da fécula são gerados diversos subprodutos, entre eles a massa de fecularia ou massa de mandioca, que é resultado da prensagem da raiz para extração do amido por via úmida (MARQUES e CALDAS NETO, 2002).

Representando entre 10% e 20% do peso das raízes, esse subproduto é um volumoso com alto teor de umidade composto pelo material fibroso da raiz, contendo a parte do amido que não foi extraída durante o processamento (SOUZA et al., 2013). Segundo Leonel e Cereda (2000), para cada tonelada de raiz processada são produzidos aproximadamente 250,0kg de amido e 928,6kg de resíduo com 80% de umidade, cerca de 185kg de massa seca.

Por ser rica em carboidrato, de fácil e rápida fermentação (CALDAS NETO et al., 2000), a massa de fecularia vem sendo utilizada de forma efetiva como fonte energética na alimentação de ruminantes (ABRAHÃO et al. 2006). Entretanto, devido ao alto teor de umidade, é perecível, de difícil conservação e transporte. Sendo assim, para evitar o acúmulo desse subproduto na indústria, algumas fecularias passaram a produzir o resíduo seco de fecularia (RSF), que corresponde ao farelo obtido da desidratação dessa massa, composto por aproximadamente 90% de matéria seca (SOUZA et al., 2013).

Esse processamento visa à transformação da massa úmida em um coproduto de conservação duradoura e de fácil transporte e armazenamento, além da possibilidade de estar sendo utilizado também, nas formulações das rações para não ruminantes. Segundo a Embrapa (2010), depois de seco, o RSF apresenta em média 63,6% de amido, 0,24% de

glicose, 2,31% de proteína, 0,03% de fósforo, 0,09% de cálcio, 0,28% de potássio, 0,65% de extrato etéreo e 8,33% de fibra bruta.

O baixo teor de proteína das raízes se deve ao déficit de aminoácidos importantes como a cisteína e o triptofano, além de apresentam concentrações relativamente baixas de isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina e valina. O conteúdo total de proteínas das folhas da mandioca é de 5 a 10 vezes maior do que nas raízes, passando de um teor médio de 1,10 a 2,81% das raízes (BARBOSA et al., 2007) para em média 14,73% de proteína nas folhas (SOUZA et al., 2011).

Entretanto, um fator limitante a se considerar no uso do RSF para não ruminantes é o seu alto teor de fibra. Segundo Souza et al. (2014), as fibras encontradas nos alimentos de origem vegetal, dependendo da sua constituição e composição, podem afetar a disponibilidade de nutrientes da dieta pela alteração na taxa de passagem dos nutrientes ingeridos. Além disso, é sempre necessária uma avaliação adequada da composição nutricional devido à baixa padronização da composição bromatológica desses ingredientes como um todo.

1.2 Fatores Antinutricionais

Apesar do potencial dos alimentos alternativos, subprodutos, coprodutos e resíduos, estes possuem uma série de fatores antinutricionais que dificultam sua inclusão nas dietas animais. Entre eles, estão principalmente os compostos tóxicos como ácido clorogênico, ácido cianídrico, taninos e fitatos e componentes como os polissacarídeos não amiláceos (PNA's), que interferem, de uma maneira geral, na absorção dos nutrientes (FERNANDES et al., 2012).

No caso da mandioca, seu uso *in natura* na alimentação animal é impossibilitado devido à presença do ácido cianogênico, fator antinutricional da raiz. Para as aves, esse composto é extremamente tóxico e fatal, mesmo em pequenas quantidades. Considerando que a desidratação da mandioca garante a eliminação deste composto (CHAUYNARONG et al., 2009), as etapas de secagem para obtenção do RSF são consideradas suficientes para assegurar a qualidade do subproduto neste aspecto.

Outro fator antinutricional a se considerar neste coproduto é a alta concentração de PNA's que podem limitar a digestão e o aproveitamento da dieta. Os PNA são polímeros de açúcares simples, entretanto, devido à natureza das cadeias de ligações dos açúcares, são resistentes a hidrólise no trato gastrointestinal de monogástricos (BRITO et al., 2008).

As fibras variam principalmente sua solubilidade, viscosidade, capacidade de retenção de água e ligação com a minerais e moléculas orgânicas, sendo que de acordo com a sua solubilidade em água, pode ser classificada em fibra solúvel e fibra insolúvel (MORGADO E GALZERANO, 2009). A fibra solúvel é composta principalmente por pectinas, gomas, frutanas, oligossacarídeos e β -glucanos, enquanto a fração insolúvel é composta por celulose, lignina e a maioria das hemiceluloses (GUERRA et al., 2004).

As fibras solúveis tendem a formar géis em contato com a água, aumentando a formação de um bolo alimentar viscoso. Já as fibras insolúveis possuem baixa solubilidade em água, aumentam o volume e a taxa de passagem do bolo intestinal (ARAÚJO et al., 2008). A maioria das atividades antinutricionais dos PNA's são atribuídas diretamente aos polissacarídeos solúveis. Entretanto, os PNA's insolúveis também exercem forte efeito na taxa de passagem da digesta e na retenção de água (OPALINSKI et al., 2010).

No caso da mandioca, esta possui alta concentração de PNA's insolúveis em água, representando 3,1% dos carboidratos da raiz e dos quais 1,7% são de açúcares não redutores (1,7% de sacarose e 0,01% de rafinose) (CEREDA, 2001). Essas fibras são compostas principalmente de hemicelulose, que aceleram a velocidade do trânsito intestinal, retardam a hidrólise do amido e a absorção da glicose (LEONEL, 2001).

1.3 Enzimas carboidrases na alimentação de frangos de corte

A fim de favorecer a inclusão dos subprodutos da mandioca e de outros alimentos fibrosos na dieta de frangos de corte, a utilização de enzimas exógenas tem despertado a atenção dos pesquisadores e nutricionistas, pois quando adicionadas às rações, promovem a hidrólise dos componentes dos alimentos, tornando os nutrientes mais disponíveis para a absorção.

As enzimas, são compostos protéicos que atuam em substratos específicos, em condições de temperatura, umidade, pH e em tempo definido, sendo que toda e qualquer reação bioquímica que acontece em um organismo vivo é catalisada por uma enzima (CAIRES, 2008).

Em sua maioria, são destinadas a atuar somente sobre um composto ou substrato específico, porque suas estruturas precisam se encaixar de forma que os seus centros ativos coincidam perfeitamente. Essa ligação é comparada à relação entre a chave e a fechadura, pois cada substrato possui uma enzima específica para sua quebra e transformação (LESLIE et al., 2007).

A maior parte das enzimas é produzida industrialmente por meio de microrganismos cultivados através de fermentações, com posterior extração e purificação (ORLANDELLI et al, 2012). Os produtos industriais que possuem mais de uma atividade específica são chamados de complexos enzimáticos, pois são originados a partir de um único microrganismo, já as misturas de enzimas são chamadas de blends e são obtidas a partir de diferentes meios de cultivo microbiano.

As aves são capazes de produzir diversas enzimas digestivas, como a amilase e a protease para degradação do amido e proteínas, porém, não sintetizam as enzimas necessárias para a degradação da fibra (CAMPESTRINI et al., 2005). Essa capacidade limitada está relacionada às características do seu sistema digestório, qualidade da fibra, quantidade e interações nutricionais que possam afetar a metabolização dos nutrientes (COSTA et al., 2007).

Segundo Buchanan et al (2007) as fibras podem ser potencialmente aproveitadas pelo animal mediante a utilização de enzimas exógenas que hidrolisam estes compostos, aumentando o aproveitamento da energia presente nos alimentos. Neste contexto, a ação dessas enzimas terá efeito direto na hidrólise dos PNA's, reduzindo o efeito de encapsulamento provocado pelas paredes celulares dos vegetais, diminuindo a viscosidade da digesta e conseqüentemente maximizando a utilização dos nutrientes (SLOMINSKI, 2011).

Wang et al. (2005), utilizando dietas a base de trigo (alimento fibroso) para frangos de corte, observaram que a adição de níveis crescentes de complexo enzimático à base de xilanase e β -glucanase resultou em aumento linear no nível de AGV totais no íleo e nos cecos de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, demonstrando que a ação dessas enzimas pode estimular a fermentação em várias regiões do trato gastrointestinal.

Dentre as diversas enzimas produzidas e comercializadas, as carboidrases como a xilanase, β -glucanase, β -mananase, pectinase e α -galactosidase são as recomendadas para suplementar alimentos contendo PNA's. Elas decompõem os PNA's em pequenas unidades, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a diminuição da viscosidade, a ação enzimática endógena sobre o conteúdo intestinal se torna mais eficiente, acarretando em melhora na capacidade de digestão dos nutrientes e redução da quantidade de água nas fezes (OPALINSKI et al., 2010).

Cowieson et al. (2010) demonstraram melhorias na digestibilidade do amido, da gordura e de proteínas com o uso de enzimas carboidrases por meio da liberação dos nutrientes encapsulados na parede celular dos vegetais. A quebra dessa estrutura e a hidrólise das moléculas de polissacarídeos complexados com proteínas, por exemplo, leva a exposição

desse nutriente a enzimas endógenas com atividade proteolítica. Segundo o autor, o aproveitamento das frações indigestíveis pela glucanase e xilanase chega a 27% e 20%, respectivamente.

Em estudo realizado por Souza et al. (2014) utilizando frangos de corte de 1 a 42 dias, alimentados com dietas contendo bagaço de mandioca (subproduto que dá origem ao RSF) em rações suplementadas com complexo enzimático, as aves apresentaram menor desempenho quando comparadas as que foram submetidas às dietas a base de milho e farelo de soja, em todo período experimental. Entretanto, com o uso de uma suplementação enzimática na ração, os animais apresentaram desempenho superior na fase inicial e não apresentaram diferenças no restante do período.

Liu et. al. (2016), utilizando xilanase em dietas com trigo, ingrediente também rico em amido para frangos de corte, constataram uma redução na viscosidade do conteúdo intestinal e uma melhora na digestibilidade dos nutrientes. Verificaram também que a inclusão de xilanase levou a um desempenho mais uniforme.

Em adição, Zhu et al. (2014) avaliando os efeitos da suplementação enzimática sobre o desempenho e os parâmetros digestivos dos frangos de corte afirmam que a utilização de complexos enzimáticos para a decomposição de PNA's também pode melhorar o acesso de enzimas endógenas à esse tipo de nutriente.

Broch et al. (2017) ao avaliarem o RSF na alimentação de frangos de corte com suplementação de carboidrases (até aos 21 dias de idade das aves) concluíram que o coproduto pode ser utilizado até o nível de 10% nas dietas associado com o uso das enzimas. Não foram observados impactos negativos sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e cortes e qualidade da carne e também não houve alteração nos parâmetros séricos das aves, considerando o período total de criação de 42 dias de idade.

Por fim, os benefícios proporcionados pela inclusão de enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte, vão além de benefícios nutricionais, incluindo até mesmo a melhora significativa na qualidade das excretas, resultante da melhor absorção de nutrientes, reduzindo, conseqüentemente, diversos problemas ambientais (SITTIYA et al., 2014).

1.4 Referências

- ABRAHÃO, J.J.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A. et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006.
- ARAUJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; MIRANDA, E.C. et al. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.843-848, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA [2017]. **Relatório Anual**. Disponível em:
<http://abpabr.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf>. Acesso em: 15/02/2018.
- ARO, S. Improvement in the nutritive quality of cassava and its by-products through microbial fermentation. **African Journal of Biotechnology**, v.7, n.25, p.4789–4797, 2008.
- ASGAV - ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE AVICULTURA [2016]. **Preço do frango subirá de 10% a 15% até julho**. Disponível em:
<http://www.asgav.com.br/noticias_detalhe.php?id=3887>. Acesso em: 29/03/2016.
- BARBOSA, C.Z.R.; ALVES, J.M.A.; SCHWENGBER, D.R. et al. Caracterização de dez clones de mandioca cultivados no estado de Roraima. **Revista Agro@mbiente Online**, v.1, n.1, p.24-27, 2007.
- BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos: revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.111-117, 2008.
- BROCH, J.; NUNES, R.V.; OLIVEIRA, V. et al. Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with or without addition of carbohydrases. **Semina: ciências agrárias**, v.38, n.4, p.2641-2658, 2017.
- BUCHANAN, N.P.; KIMBLER, L.B.; PARSONS, A.S. et al. The effects of non-starch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.16, n.1, p.1-12, 2007.
- CAIRES, C.M.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A. et al. Enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.1, p.491-497, 2008.
- CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F. et al. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: digestibilidades total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.2099-2108, 2000.
- CARDOSO, C.E.L.; ALVES, L.R.A.; FELIPE, F.I [2007]. **Avanços nas regras do comércio internacional podem criar oportunidades para a cadeia da mandioca**. ESTUDOS DE

- MERCADO SEBRAE ESPM 64. Disponível em: <<http://http://cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo-mandioca.pdf>>. Acesso em: 15/11/2016.
- CAMPESTRINI E.; SILVA V.T.M.; APPLLET M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, p.254-267, 2005.
- CEREDA, M. P. **Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca**. In: CEREDA, M. P. L (Coord.). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. Fundação Cargill. n.1, p.13- 37, 2001.
- CHAUYNARONG, N.; ELANGO VAN, A.V.; IJI, P.A. The potential of cassava products in diets for poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.65, n.3, p.23-36, 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Mandioca – Conjuntura mensal. Período de 01/03 à 31/03/2016**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 15/11/2016.
- COWIESON, A.J. Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets. **The Journal of Poultry Science**. v.47, p.1-7, 2010.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mandioca E Fruticultura [2010]. **Mandioca: perguntas e respostas 2010**. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-mandioca.php>. Acesso em: 05/01/2015.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA [2007]. **Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil**. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 05/01/2015.
- FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [2014]. **Production – Crops**. Disponível em: <[http:// faostat3.fao.org/faostat-gateway/ go/to/download/Q/QC/E](http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E)>. Acesso em: 06/11/2016.
- FERNANDES, R.T.V.; VASCONCELOS, N.V.B.; LOPES, F.F. et al. Aspectos gerais sobre alimentos alternativos na nutrição de aves. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.7, n.5, p.66-72, 2012.
- FERNANDES, F.D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIERA, E.A. et al. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**. v.17, n.1, p.1-12. 2016.
- GERALDO, A.; GOMES, K. R. A.; FASSANI, E. J. et al. Carbohydrase and phytase supplementation in diets for semi-heavy laying hens. **Acta Scientiarum- Animal Sciences**. v.36, n.3, p.285-290, 2014.
- GUERRA, N.B.; DAVID, P.R.B.S.; MELO, D.D.; VASCONCELOS, A.B.B.; GUERRA, M.R.M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**. v.17, p.45- 52, 2004.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. INDICADORES [2012]. **Estatística da Produção Agrícola, junho de 2012**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_2012_06.pdf>. Acesso em: 06/11/2016.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, 2000.
- LEONEL, M. Caracterização da fibra e uso do farelo de mandioca como base para produtos dietéticos. **In: CEREDA, M. P. (Coord.). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill. n.17, p.221-228, 2001.
- LESLIE, M.A.; MORAN, E.T.J.; BEDFORD, M.R. The effect of phytase on the ileal digestible energy of corn and soybean meal fed to broilers. **Journal Poultry Science**. v.86, n.11, p.2350-2357, 2007.
- LIU, W.C.; PARK, J.H.; LEE, S.I. et al. Effects of dietary supplementation with xylanase on growth performance, ileal digesta viscosity, apparent ileal digestibility and excreta noxious gas emission of broilers fed wheat-based diets. **Journal Animal Science**, v.94, n.930, 2016.
- MARQUES, J.A.; CALDAS NETO, S.F. Mandioca na alimentação animal: parte aérea e raiz. Embrapa Pantanal. **In: Campo Mourão: Centro integrado de Ensino Superior**, 28p., 2002.
- MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n.7, p. 1-13, 2009.
- OPALINSKI, M.; MAIORKA, A.; CUNHA, F. et al. Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.628-632, 2010.
- ORLANDELLI, R.C.; SPECIAN, V.; FELBER, A.C. et al. Enzimas De Interesse Industrial: Produção Por Fungos E Aplicações. **Revista Saúde e Biologia**. v.7, n.3, p.97-109, 2012.
- PELIZER, L.H.; PONTIERI, M.H.; MORAES, I.O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução de impacto ambiental. **Journal of Technology Management Innovation**, v.2, n.1, p.118-127, 2007.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 252 p., 2017.
- SBM - SOCIEDADE BRASILEIRA DE MANDIOCA [2016]. **Mandiocultura no mundo e no Brasil**. SEBRAE Nacional, 2016.
<http://www.sbmandioca.org/pagina.php?id_menu_int=6&id_texto_int=80>. Acesso em: 15/11/2016.
- SITTIYA, J.; YAMAUCHI, K.; TAKATA, K. Effects of whole-grain paddy rice replacement with or without enzyme addition on broiler performance and intestinal morphology. **British Poultry Science**, v.55, n.5, p.619-627, 2014.

- SLOMINSKI, B. A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets, a Review. **Poultry Science**, v.90 p.2013–2023, 2011.
- SOUZA, F.; FIALHO, J.F. [2003]. **Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 10/02/2018.
- SOUZA, A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MOTA, A.D.S. et al. Valor nutricional de frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, vol. 12, n. 2, p. 441-455, 2011.
- SOUZA, T. S. C.; FIORDA, F. A.; MOURA, C. M. et al. Propriedades funcionais tecnológicas de farinhas pré-gelatinizadas de bagaço e fécula de mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 63., 2013, Pernambuco. **Anais...** São Paulo: SBPC/UFSC, 2013.
- SOUZA, J. P. L., RODRIGUES, K. F., ALBINO, L. F. T. et al. Bagaço de mandioca com ou sem complexo enzimático em dietas de frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n.244, p.657-664, 2014.
- STUPAK, M.; VANDERSCHUREN, H.; GRUISSEM, W. et al. Biotechnological approaches to cassava protein improvement. **Trends in Food Science & Technology**, v.17, n.12, p.634-641, 2006.
- VILPOUX, O.F. Competitividade da Mandioca no Brasil como Matéria-Prima Para o Amido. **In: Informações Econômicas**, São Paulo. v.38, n.11, 2008.
- ZHU, H.L.; HU, L.L.; HOU, J. et al. The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. **Journal Poultry Science**, v.93, n.7, p.1704-1712, 2014.
- WANG, Z.R.; QIAO, S.Y.; LU, W.Q. et al. Effects of enzyme supplementation on performance, nutrient digestibility, gastrointestinal morphology, and volatile fatty acid profiles in the hindgut of broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**. v.84, p.875-881, 2005.

2. VALORES ENERGÉTICOS E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO A CARBOIDRASES PARA FRANGOS DE CORTE EM FASE DE CRESCIMENTO

RESUMO – A realização do estudo teve como objetivo determinar os valores energéticos e a composição bromatológica do resíduo seco de fecularia (RSF) para frangos de corte utilizando ou não enzimas carboidrases. Para isso, foi realizado um ensaio de metabolismo utilizando 144 aves, dos 22 aos 32 dias de idade. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2x4 + RR, constituído de uma ração referência sem adição de RSF e quatro tratamentos experimentais com níveis crescentes de inclusão do RSF (10; 20; 30 e 40%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases, totalizando nove tratamentos e quatro repetições, com quatro aves por unidade experimental. As aves passaram por um período de adaptação de 5 dias, seguido de 5 dias de coleta total das excretas. Posteriormente, o RSF foi submetido à análise bromatológica de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), cálcio, fósforo, potássio e magnésio. As excretas foram secas em estufa e também submetidas à análise de MS, PB, EE, EB, FDN e FDA. A composição encontrada para o RSF, na matéria natural, foi de 89,86% de MS, 0,98% de PB, 3519 kcal kg⁻¹ de EB, 0,19% de EE, 27% de FDN, 19,5% de FDA, 0,33% de cálcio, 0,43% de fósforo, 0,46% de potássio e 0,12% de magnésio. A análise de variância não demonstrou interação entre a adição de carboidrases e a inclusão de níveis crescentes de RSF para os valores energéticos e os coeficientes de metabolizabilidade, entretanto, a inclusão de enzimas, independente dos níveis de RSF proporcionou aumento significativo nos valores de EMA e EMA_n. Houve efeito quadrático para os níveis crescentes de inclusão do RSF, resultando em um maior valor de EMA e CMA ao nível estimado de 35,47% e para EMA_n e CMA_n ao nível estimado de 35,86% de inclusão do RSF. Conclui-se que os maiores níveis de EMA e EMA_n foram encontrados para o nível de inclusão médio do RSF de 35% e que a suplementação enzimática pode promover aumento desses parâmetros em até 12% em dietas para frangos de corte na fase de crescimento.

Palavras-chave: Coproduto, Energia metabolizável, enzimas exógenas, fibra dietética.

ENERGY VALUE AND BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF DRY RESIDUE OF CASSAVA ASSOCIATED WITH CARBOHYDRASES FOR GROWING BROILERS

ABSTRACT – The realization of this study had as objective to determine the energetic value and the bromatological composition of dry residue of cassava (DRC) for broilers with or without carbohydrase enzymes. Were used 144 male broilers, from 22 to 32 days of age. The treatments were distributed in a completely randomized experimental design, in a 2x4 + RR factorial arrangement, consisting of a reference diet without addition of DRC and four experimental treatments with increasing inclusion levels of DRC (10, 20, 30 and 40%), and a supplementation or not with the enzymatic blend of carbohydrases, totaling nine treatments and four replicates, with four birds per experimental unit. The birds were submitted to an adaptation period of five days, following by a period of five days of total excreta collect. The DRC was subjected to bromatological variables of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), gross energy (GE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), calcium, phosphorus, potassium and magnesium. The excreta were dried in kiln and also submitted to analysis of DM, CP, EE, GE, NDF and ADF. The composition found for DRC in natural matter was 89.86% DM, 0.98% CP, 3519 kcal kg⁻¹ GE, 0.19% EE, 27% NDF, 19.5 % of ADF, 0.33% of calcium, 0.43% of phosphorus, 0.46% of potassium and 0.12% of magnesium. The analysis of variance did not show interaction between the addition of carbohydrases and the inclusion of increasing levels of DRC for the energetic values and the metabolizable coefficients, however, the inclusion of enzymes, independent of DRC levels increase in the AME and AMEn values. There was a quadratic effect for increasing levels of DRC inclusion, resulting in a higher AME and CAME at the estimated level of 35.47% and for AMEn and CAMEn at the estimated 35.86% inclusion of DRC. It was concluded that the highest levels of AME and AMEn were found for the mean inclusion level of the DRC of 35% and that enzymatic supplementation can promote increase of these parameters by up to 12% in broiler diets in the growth and final phase.

Keywords: Co-product, exogenous enzymes, dietary fiber, metabolizable energy.

2.1 Introdução

De uma maneira geral, alimentos alternativos utilizados na alimentação animal, oriundos principalmente da agroindústria, possuem uma grande variação em sua composição bromatológica devido a fatores como: condições ambientais, genéticas, climáticas, cultivo e principalmente do processamento, sendo muitas vezes, utilizados de forma errônea na formulação de dietas animais.

No processo de produção da fécula de mandioca, após a extração do amido, obtém-se um subproduto com alta umidade, que quando desidratado até aproximadamente 90% de matéria seca e moído é denominado resíduo seco de fecularia (RSF). Se este processo de desidratação é realizada na mesma planta da fabrica, podemos defini-lo como um coproeduto, o qual pode ser caracterizado como um alimento energético por conter altos teores de carboidratos, entretanto, possui baixos níveis de proteína, vitaminas e minerais e contêm altos teores de amido residual, polissacarídeos não amiláceos (PNA's) insolúveis (ALMEIDA e FERREIRA FILHO, 2005).

A fim de potencializar o seu uso, enzimas carboidrases (amilase, xilanase e beta-glucanase) podem ser utilizadas a fim de otimizar a digestibilidade dos nutrientes contidos neste coproduto. As principais funções das carboidrases se baseiam na hidrólise de carboidratos, diminuição da viscosidade da digesta, aumento da digestibilidade dos nutrientes da dieta com consequente melhora no aproveitamento energético (FISCHER et al., 2002; LIMA et al., 2002).

O valor energético de um alimento baseia-se na relação entre a sua composição química e física, sendo que estes fatores irão influenciar diretamente nos processos digestivos e absorptivos (MODESTO et al., 2004). Neste sentido, esse parâmetro não depende apenas da quantidade dos nutrientes ingeridos pelo animal, mas também de sua capacidade de digestão, absorção e metabolização.

Dentre os parâmetros avaliados nas pesquisas voltadas à nutrição animal, a determinação da energia metabolizável através de ensaios de metabolismo é fundamental para um posterior balanceamento das dietas, pois, a metabolização da energia presente no alimento não depende apenas de sua composição química, mas também da espécie, categoria animal e fase de criação em que o animal se encontra (HOLANDA, 2011).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores energéticos, os coeficientes de metabolizabilidade e a composição bromatológica do resíduo

seco de fecularia com a suplementação ou não de carboidrases para frangos de corte na fase de crescimento (22 a 32 dias de idade).

2.2 Material e Métodos

Um ensaio de metabolismo foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste, na Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa, Marechal Cândido Rondon, Paraná. Este experimento realizado foi previamente aprovado pelo comitê de ética e biossegurança da instituição, conforme protocolo n°19/13.

Ao todo foram utilizadas 144 aves da linhagem Cobb 500, machos, durante o período experimental de 22 a 32 dias de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4 mais uma ração referência (RR), a qual foi formulada para atender as exigências nutricionais das aves no período experimental sem conter enzimas e o coproduto. Um dos fatores avaliados foi a substituição (kg kg^{-1}) do RSF (10, 20, 30 e 40%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases (Xilanase, Amilase, B-glucanase), totalizando oito tratamentos mais uma RR cada qual com quatro repetições de quatro aves por unidade experimental.

O resíduo seco de fecularia (RSF) utilizado foi adquirido em uma agroindústria localizada na região oeste do estado do Paraná. As análises bromatológicas do RSF foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), nitrogênio total (N), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio, fósforo, potássio e magnésio, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2006).

A inclusão do RSF (10, 20, 30 e 40%) foram realizadas às dietas experimentais em substituição à ração referência. A ração referência foi formulada sem a inclusão do RSF e sem suplementação enzimática, baseado nas propostas de Rostagno et al. (2011), para atender as exigências para frangos de corte machos na fase de crescimento (Tabela 1).

O blend enzimático de carboidrases foi adicionado de acordo com a recomendação do fabricante, sendo: enzima a base de amilase com inclusão de 0,04% (400g ton^{-1} de ração), enzima a base de xilanase com inclusão de 0,02% (200g ton^{-1} de ração) e enzima a base de beta-glucanase com inclusão de 0,005% (50g ton^{-1} de ração).

De 1 a 21 dias de idade as aves foram criadas em aviário experimental e receberam uma ração inicial, a base de milho e farelo de soja, formulada com base nas recomendações

propostas por Rostagno et al. (2011), atendendo as exigências para o período, sendo o fornecimento de ração e água foi *ad libidum*.

Tabela 1. Composição percentual e calculada da ração referência utilizada durante o período experimental de 22 a 32 dias de idade

Ingredientes (%)	Ração Referência (g/kg ¹)
Milho	586,75
Farelo de soja, 46%	343,06
Óleo de soja	37,68
Fosfato bicálcico	12,30
Calcário calcítico	9,39
NaCl	4,56
DL-Metionina 99%	2,34
Sulfato de lisina 50,7%	1,82
¹ Premix vitamínico	1,00
² Premix mineral	0,50
Salinomicina 12%	0,55
Avilamicina 10%	0,05
Total	1,00
Valores Calculados	
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3100
Proteína bruta (%)	20,7
Lisina digestível (%)	1,078
Metionina+Cistina digestível (%)	0,787
Cálcio (%)	0,732
Fósforo Disponível (%)	0,342
Sódio (%)	0,200

¹Premix vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Vit. A (mín.) 9.000,00, Vit. D3 (mín.) 2.500,00UI, Vit. E (mín.) 20,00UI, Vit. K3 (mín.) 2,50mg, Vit. B1 (mín.) 1,50mg Vit. B2 (mín.) 6,00mg, Vit. B6 (mín.) 3,00mg Vit. B12 (mín.) 12,00mg, Ácido pantotênico (mín.) 12,00mg, Niacina (mín.) 25,00mg, Ácido Fólico (mín.) 0,80mg, Biotina (mín.) 0,06mg, Selênio (mín.) 0,25mg. ²Premix Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Cobre (mín.) 10,00mg, Ferro (mín.) 50,00mg, Manganês (mín.) 80,00mg, Cobalto (mín.) 1,00mg Iodo (mín.) 1,00mg, Zinco (mín.) 50,00mg.

Aos 21 dias de idade, as aves foram distribuídas de maneira uniforme em gaiolas de metabolismo, alojando-se quatro aves por unidade experimental. Durante todo período experimental as aves receberam ração e água a vontade e foram mantidas em ambiente fechado com 24 horas de iluminação (natural mais artificial) e temperatura controlada de acordo com o recomendado pelo manual da linhagem (19 a 23°C).

Para determinação dos valores energéticos do RSF foi utilizado o método de coleta total de excretas com frangos de corte na fase de crescimento (SIBBALD e SLINGER, 1963). Para

a coleta das excretas, bandejas de metal foram revestidas com plástico e colocadas sob cada gaiola para evitar perdas e contaminações. O período experimental teve duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco de coleta total de excretas. As excretas coletadas foram diariamente, duas vezes ao dia para evitar fermentações, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -20°C .

Ao fim do período experimental foram determinados o consumo de ração e a quantidade total de excretas produzidas por unidade experimental. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas e pesadas, sendo coletada uma amostra de peso conhecido e subsequente realizada a pré-secagem em estufa de ventilação forçada (55°C por 72h) para a determinação da amostra seca ao ar (ASA). Em seguida, as amostras foram moídas para realização das análises de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT) e energia bruta (EB).

As análises de MS e NT foram realizadas segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2006). Para a determinação da energia bruta, as amostras foram submetidas à combustão em bomba calorimétrica, IKA[®] C2000, isoperibólica, com precisão de $0,001^{\circ}\text{C}$.

Com base nos resultados das análises, os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) foram calculados utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965). Após a determinação dos valores de EM foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta para o RSF.

Como procedimento estatístico, os valores energéticos e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para verificar os efeitos dos níveis de inclusão do RSF, da suplementação ou não de enzimas e da interação entre estes fatores. O efeito dos níveis de inclusão do resíduo sobre as variáveis avaliadas foi determinado por meio de regressão polinomial. O nível de significância de 0,05 foi adotado em todas as análises, que foram realizadas utilizando o pacote estatístico SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2000).

2.3 Resultados e Discussão

Os valores de composição bromatológica obtidos para o RSF apresentaram variações quando comparados aos descritos na literatura (Tabela 2). Estas variações podem estar correlacionadas a diversos fatores como período de colheita da raiz, condições ambientais e principalmente pelos diferentes processamentos ao qual essa matéria prima foi submetida.

Tabela 2. Caracterização bromatológica do resíduo seco de fecularia utilizado nas dietas experimentais, na matéria natural

Composição	Resíduo seco de fecularia
Matéria seca (%)	89,86
Proteína bruta (%)	0,98
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	3519
Extrato etéreo (%)	0,19
Fibra em detergente neutro (%)	27,00
Fibra em detergente ácido (%)	19,5
Cálcio (%)	0,33
Fósforo (%)	0,43
Potássio (%)	0,46
Magnésio (%)	0,12

O teor de matéria seca (89,86%) encontrado é resultado do processo de desidratação do coproduto e é de extrema importância para sua conservação, armazenamento e viabilidade de uso. Como característica da mandioca e seus derivados, foram observados baixos teores de extrato etéreo (0,19%) e de proteína bruta (0,98%). Esses teores assemelham-se aos encontrados por Abrahão et al. (2006) com valores de extrato etéreo de 0,19% e 1,59% de proteína bruta.

O valor de energia bruta encontrado (3.519 kcal kg⁻¹) aproxima-se do valor reportado por Rostagno et al. (2017) para a raspa de mandioca integral (3.621 kcal/kg), a qual possui composição química semelhante ao RSF. Ao comparar com o milho (3.865 kcal kg⁻¹) pode-se constatar a escolha do uso desse coproduto como fonte energética para aves.

Entretanto, considerando o RSF um ingrediente fibroso, deve se considerar que os principais efeitos da fibra, seja ela solúvel ou insolúvel, não estão necessariamente relacionados com a sua contribuição energética, mas sim, com seus efeitos fisiológicos e moduladores na microbiota do trato gastrointestinal (MATEOS et al., 2006).

O conteúdo de FDN (27%) encontrado para o RSF, quando comparado ao milho (12%) (ROSTAGNO et al., 2017), é considerado alto, podendo interferir na taxa de passagem dos alimentos reduzindo o aproveitamento dos nutrientes (KRÁS et al., 2013). Marques et al. (2005), comparando o milho com o RSF, encontraram valores de proteína bruta (PB) de 10,8% e 1,9%, de fibra em detergente neutro (FDN) de 12,1% e 30,5% e de fibra em detergente ácido (FDA) de 4,1% e 22,6% respectivamente.

A análise de variância não demonstrou interação ($P>0,05$) entre a adição de carboidrases e os níveis de RSF para os valores energéticos e os coeficientes de metabolizabilidade. Porém, a inclusão de enzimas, independentemente do nível de inclusão do resíduo, proporcionou melhor aproveitamento ($P<0,05$) da energia bruta como energia metabolizável (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de energia metabolizável aparente (EMA), EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) e os coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMA) e CMA corrigido pelo balanço de nitrogênio (CMA_n) para os diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca, expressos na matéria natural

	Valores energéticos		Coeficiente de Metabolizabilidade	
	EMA (kcal kg ⁻¹)	EMA_n (kcal kg ⁻¹)	CMA (%)	CMA_n (%)
Sem enzima	1655 ^b	1627 ^b	46,59 ^b	45,80 ^b
Com enzima	1828 ^a	1840 ^a	51,48 ^a	51,79 ^a
	Inclusão (%)			
10	1387	1358	39,04	38,24
20	1834	1808	51,61	50,88
30	1807	1823	50,85	51,31
40	1941	1945	54,63	54,75
Média	1742	1733	49,04	48,79
CV (%)	6,071	6,005	6,071	6,005
P Enzima	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P Inclusão	<0,001 (Q)	<0,001(Q)	<0,001(Q)	<0,001(Q)
P Interação	0,237	0,206	0,237	0,206
	Equações de regressão polinomial			
EMA-MN	$EMA = 943,113 + 55,3916 \text{ RSF} - 0,780814 \text{ RSF}^2$ ($R^2 = 0,64$)			
EMA_n -MN	$EMA_n = 881,284 + 58,6059 \text{ RSF} - 0,817025 \text{ RSF}^2$ ($R^2 = 0,65$)			
CMA	$CMA = 26,5441 + 1,55901 \text{ RSF} - 0,0219762 \text{ RSF}^2$ ($R^2 = 0,64$)			
CMA_n	$CMA_n = 24,8039 + 1,64948 \text{ RSF} - 0,0229953 \text{ RSF}^2$ ($R^2 = 0,65$)			

*EMA: energia metabolizável aparente. * EMA_n : EMA corrigida para balanço de nitrogênio. *CMA: Coeficiente da EMA. * CMA_n : Coeficiente da EMA corrigida para balanço de nitrogênio; *CV: Coeficiente de variação.

Segundo Santos et al. (2005), a energia pode ser afetada negativamente por altos teores de fibra insolúvel da dieta, que podem causar aumento da velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal.

Entretanto, neste estudo, independentemente da inclusão de carboidrases às dietas das aves houve efeito quadrático ($P<0,05$) para os níveis de inclusão do RSF, resultando em um maior valor de EMA e CMA ao nível estimado de 35,47% e para EMA_n e CMA_n ao nível estimado de 35,86% de inclusão do RSF na matéria natural.

De acordo com os dados obtidos, as aves que receberam rações isentas de enzimas apresentaram valores médios de 1655 e 1627 kcal kg⁻¹ para EMA e EMA_n, respectivamente. Em contraste, quando adicionado o blend enzimático nas rações os valores energéticos elevaram-se para 1828 e 1840 kcal kg⁻¹ para EMA e EMA_n, respectivamente, representando aumento médio de 12%.

A redução no valor da energia bruta encontrada para o RSF (3519 kcal kg⁻¹), em relação à média de energia metabolizável calculada neste estudo (1742 kcal kg⁻¹), demonstra que a fração insolúvel da fibra contida neste ingrediente pode ter encapsulado os nutrientes pela sua estrutura, que é indigestível, formando uma barreira entre as enzimas endógenas e o nutriente (WYATT et al., 1998).

Considerando isso, a suplementação com o blend enzimático às dietas pode ter contribuído para o maior acesso as paredes celulares do resíduo seco de fecularia, consequentemente liberando maiores níveis de energia que antes ficariam retidas, diminuindo a viscosidade da digesta e consequentemente contribuindo para uma melhora na digestibilidade dos nutrientes.

Segundo Choct et al. (2010) a falta ou carência na síntese de algumas enzimas endógenas nas aves pode comprometer o aproveitamento de energia dos alimentos, pois mantêm os nutrientes geradores de energia, como carboidratos, lipídeos e proteínas, no interior de suas estruturas. Sendo assim, a adição de enzimas como amilase e xilanase podem proporcionar maior disponibilidade de nutrientes com consequente aumento no aproveitamento da energia bruta em metabolizável (ONDERCI et al., 2006).

2.4 Conclusão

A composição encontrada para o RSF, na matéria natural, foi de 89,86% de MS, 0,98% de PB, 3519 kcal kg⁻¹ de EB, 0,19% de EE, 27% de FDN, 19,5% de FDA, 0,33% de cálcio, 0,43% de fósforo, 0,46% de potássio e 0,12% de magnésio.

Os maiores níveis de EMA e EMAn foram encontrados para o nível de inclusão médio de 35,47% e 35,86% de RSF e a suplementação enzimática, independente dos níveis de inclusão, promoveu um aumento médio de 12% em todos os parâmetros avaliados.

2.5 Referências

- ABRAHÃO, J.J.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A. et al. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006.
- ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J. R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.1, p.50-56, 2005.
- CHOCT, M. Feed polysaccharides: nutritional roles and effect of enzymes. **In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal – IV CLANA**. Estância de São Pedro, SP, p.65-78, 2010.
- FISCHER, G.; MAIER, J. C.; RUTZ, F.; et. al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à 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.
- HOLANDA, M.A.C. Utilização do farelo de algodão e do farelo integral de mandioca em dietas de frangos caipiras. Tese (doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. 115 p., 2011.
- KRAS, R.V.; KESSLER, A.M.; RIBERIRO, A.M.L. et al. Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v.15, n.1, p.15-20, 2013.
- MATEOS, G.G.; LÁZARO, R.; GONZÁLEZ-ALVARADO, E. et al. Efectos de la Fibra Dietética en Piensos de Iniciación para Pollitos y Lechones. **In: XXII Curso de Especialización Fedna**, Barcelona. p.39-66, 2006.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **University of Connecticut. Agricultural experiment Station, Research Report**, v.7, n.1, p11-14, 1965.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização química bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum**, v.26, n.1, p.137-146, 2004.
- ONDERCI, M.; SAHIN, N.; SAHIN, K. et al. Efficacy of supplementation of α -amylase producing bacterial culture on the performance, nutrient use, and gut morphology of broiler chickens fed a corn based diet. **Journal Poultry Science**, v.85, n.3, p.505-510, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONEZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 3º ed. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia, 252p., 2011.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONEZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 4º ed. Viçosa MG. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia, 488p., 2017.

- SANTOS, Z.A.S.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.232-237, 2005.
- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Journal Poultry Science**. v.59, p.1275-1279, 1963.
- SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS - SAEG. Versão 7.0. UFV. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1997.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 2006, 235p.
- WYATT, N.H.; GEE, J.M.; JOHNSON, I.T. Intestinal microflora and gastrointestinal adaptation in the rat in response to non-digestible dietary polysaccharides. **British Journal of Nutrition**. v.60, p.197-207, 1988.

3. RESÍDUO SECO DE FECULARIA ASSOCIADO A CARBOIDRASES NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO – A realização deste estudo teve como objetivo avaliar a inclusão do resíduo seco de fecularia (RSF) com ou sem a suplementação de enzimas carboidrases sobre o desempenho, rendimento de carcaça, cortes e órgãos, parâmetros sanguíneos e qualidade da carne de frangos de corte. Foi realizado um ensaio de desempenho utilizando 950 frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, pesados individualmente e distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, constituído de 5 tratamentos experimentais com níveis crescentes de inclusão do RSF (0; 2,5; 5,0; 7,5; e 10%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases, resultando em 10 tratamentos, com 5 repetições e 19 aves por unidade experimental. Aos 42 dias de idade, foi coletado material para determinação do perfil bioquímico e foram abatidas 3 aves para determinação do rendimento de carcaça, corte e órgãos, porcentagem de gordura abdominal e avaliação da qualidade da carne. Para as variáveis de desempenho foi constatada interação entre os níveis de inclusão do RSF e a suplementação enzimática para a CA. As aves que receberam dietas isentas de carboidrases apresentaram piora linear da CA conforme aumento dos níveis de inclusão e as aves que receberam suplementação enzimática mantiveram a CA. Houve interação entre os níveis de inclusão do RSF e a adição de enzimas para rendimento de peito. Observou-se redução linear do peso relativo da moela à medida que houve aumento dos níveis de inclusão, e, oposto à isso, observou-se aumento linear do peso relativo do intestino delgado e efeito da enzima sobre este parâmetro. O perfil sanguíneo teve resultados significativos para Creatinina e GamaGT. A variável de coloração “b*” da carne do peito e pés das aves, apresentou redução linear conforme aumento dos níveis de inclusão do RSF. Para qualidade de carne, a capacidade de retenção de água se comportou de forma quadrática conforme o aumento dos níveis de inclusão do RSF. Para as demais variáveis não foi constatada diferença significativa. Conclui-se que os maiores níveis de EMA e EMAn foram encontrados para o nível de inclusão médio do RSF de 35%, que a suplementação enzimática pode promover aumento desses parâmetros em até 12% em dietas para frangos de corte na fase de crescimento e que o RSF pode ser utilizado nas dieta de frangos de corte até o nível avaliado de 10% desde que suplementados com carboidrases para manutenção da conversão alimentar.

Palavras chave: Aditivo zootécnico, coproduto, desempenho, enzimas, fibra dietética.

DRY RESIDUE OF CASSAVA ASSOCIATED WITH CARBOHYDRASES IN FEED OF BROILERS

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the inclusion of Dry Residue of Cassava (DRC) with or without the carbohydrase enzyme supplementation on the performance, carcass yield, cuts and organs, blood parameters and meat quality of broiler chickens. A performance assay was performed using 950 broiler chickens from 21 to 42 days of age, weighed individually and distributed in a completely randomized design, in a 2x5 factorial scheme, consisting of 5 experimental treatments with increasing inclusion levels of DRC (0.2; 5, 5.0, 7.5 and 10%) and the supplementation or not with an enzymatic blend of carbohydrases, resulting in 10 treatments, with 5 replicates and 19 birds per experimental unit. At 42 days of age, material was collected to determine the biochemical profile and 3 birds were slaughtered to determine the carcass yield, cut and organs, percentage of abdominal fat and evaluation of meat quality. As result, there was interaction between levels of inclusion of DRC and enzymatic supplementation for feed conversion (FC) was observed for the performance variables. Birds receiving carbohydrate-free diets presented a linear decrease of FC with the increased inclusion levels and birds that was supplemented with carbohydrates maintained the FC. There was interaction between DRC inclusion levels and the addition of enzymes to breast yield. A linear reduction in the relative weight of the gizzard was observed as there was an increase in inclusion levels, and a linear increase in the relative weight of the small intestine and the enzyme effect on this parameter were observed. The blood profile had significant results for Creatinine and GammaGT. The "b *" coloration variable of the breast meat and poultry feet presented a linear reduction as the DRC inclusion levels increased. For meat quality, the water retention capacity behaved in a quadratic manner as the DRC inclusion levels increased. For the other variables, no significant difference was found. It was concluded that DRC can be used in the diet of broiler chickens up to the 10% level, provided that they are supplemented with carbohydrases to maintain the feed conversion of broiler chickens in the growth and finishing phase.

Key words: Co- product, feed additive, performance, enzymes, dietary fiber.

4.1 Introdução

O uso da mandioca e seus subprodutos na alimentação de não ruminantes vêm se destacando por demonstrar resultados satisfatórios tanto em qualidade nutricional, como na redução dos custos das dietas. Dentre os coprodutos resultantes do processamento da mandioca, o resíduo seco de fecularia (RSF) é uma alternativa viável a ser considerada nas dietas para frangos de corte.

O RSF é resultado da desidratação da massa de fécula ou massa de mandioca, resíduo composto do material fibroso e do amido que não foi extraído durante o processamento da raiz da planta para obtenção da fécula. O mesmo contém em média 11% de fibra bruta e 60 a 70% de amido, entretanto possui baixos níveis de proteína e lipídios (ARO et al., 2008).

Por ser rico em amido, após desidratado, esse subproduto pode ser utilizado como fonte energética na dieta de não ruminantes (HETLAND et al., 2005). Entretanto, o alto teor de fibra contido nesse ingrediente pode limitar seu aproveitamento. As fibras presentes no RSF são formadas principalmente por celulose, hemicelulose insolúvel e lignina e tendem a aumentar o bolo alimentar, diluindo os nutrientes e acelerando o trânsito gastrointestinal das aves (GUTKOSKI e TROMBETA, 1999).

Uma das alternativas versáteis para otimizar o uso desses e outros coprodutos na avicultura é a aplicação de enzimas exógenas nas dietas, que são produzidas industrialmente visando melhorar a digestibilidade dos alimentos e o desempenho das aves, refletindo diretamente na eficiência produtiva (BARBOSA, 2014)

Algumas destas enzimas, como as carboidrases (amilase, xilanase, β -glucanase, β -mananase, pectinase e α -galactosidase) são as recomendadas para suplementar dietas fibrosas. Seu uso permite viabilizar a utilização desses ingredientes através do melhor aproveitamento dos nutrientes, maximizando a ação das enzimas endógenas sobre os substratos específicos (RIBEIRO et al., 2011).

Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o RSF suplementado ou não com carboidrases sobre o desempenho, rendimento de carcaça e de cortes, peso relativo dos órgãos do trato gastrointestinal, porcentagem de gordura abdominal, avaliação da qualidade da carne de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

4.2 Material e métodos

O aviário experimental utilizado no estudo está localizado no Setor de Avicultura da Fazenda Experimental Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, campus de Marechal Cândido Rondon - Paraná. Este experimento realizado foi previamente aprovado pelo comitê de ética e biossegurança da instituição, conforme protocolo nº19/13.

A estrutura do galpão foi construída em alvenaria, sentido Leste-Oeste, com 20 metros de comprimento e 8 metros de largura e seu interior dividido em 50 boxes de 1,76m². Cada box dispunha de um comedouro tubular, bebedouro tipo nipple, fonte para aquecimento (lâmpadas 250 watts infravermelho) e piso de concreto, o qual foi recoberto com uma camada de aproximadamente 10cm de maravalha de pinus de primeiro uso.

Ao todo foram utilizados 950 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®] 500, com 21 dias de idade ($894,84 \pm 44\text{g}$), distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, constituído de uma ração com 5 níveis crescentes de inclusão do RSF (0; 2,5; 5; 7,5 e 10%) e a suplementação ou não com um blend enzimático de carboidrases (Xilanase, Amilase, B-glucanase), resultando em 10 tratamentos, com cinco repetições e 19 aves por unidade experimental (UE). Para a formação das UE, as aves foram pesadas individualmente e distribuídas de forma que todas as parcelas apresentassem peso médio semelhante (Sakomura e Rostagno, 2016).

A composição bromatológica do RSF utilizado, na matéria natural, foi de 89,86% de MS, 0,98% de PB, 3519 kcal kg⁻¹ de EB, 0,19% de EE, 27% de FDN, 19,5% de FDA, 0,33% de cálcio, 0,43% de fósforo, 0,46% de potássio e 0,12% de magnésio. O nível de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMA_n) utilizado para a formulação das rações de desempenho foi de 1808 kcal kg⁻¹.

As inclusões das carboidrases foram realizadas de acordo com a recomendação do fabricante, sendo: enzima a base de amilase com inclusão 0,04% (400g ton⁻¹ de ração), enzima a base de xilanase com inclusão 0,02% (200g ton⁻¹ de ração) e enzima a base de beta-glucanase com inclusão 0,005% (50g ton⁻¹ de ração). As rações que utilizaram carboidrases foram valorizadas em 50 kcal kg⁻¹, sendo utilizada uma matriz específica para as enzimas

As dietas experimentais, isoproteicas e isocalóricas, foram formuladas baseadas na composição dos alimentos e exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011), para todas a fase de crescimento (22 a 35 dias) e terminação (36 a 42 dias) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais utilizadas durante a fase de crescimento (22 a 35 dias) para frangos de corte

Ingredientes (g/kg ⁻¹)	Sem adição de carboidrases					Com adição de carboidrases				
	0	2,5	5,0	7,5	10	0	2,5	5,0	7,5	10
Milho grão	631,5	590,9	550,4	509,8	471,1	641,8	601,2	560,6	520,1	480,8
Soja farelo, 46%	255,2	262,2	269,3	276,3	281,6	253,4	260,5	267,5	274,5	280,4
Farinha vísceras	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Óleo de soja	26,0	34,8	43,72	52,56	61,08	16,80	25,68	34,52	43,36	52,04
Fosfato bicálcico	5,82	5,82	5,83	5,84	5,86	5,80	5,81	5,82	5,82	5,84
Calcário calcítico	7,29	7,14	6,99	6,84	6,70	7,30	7,16	7,00	6,86	6,70
NaCl	4,00	4,02	4,04	4,05	4,07	4,00	4,02	4,03	4,05	4,06
Sulfato de lisina	3,84	3,64	3,44	3,23	3,11	3,90	3,69	3,49	3,28	3,13
DL-Met. 99%	2,68	2,72	2,75	2,79	2,84	2,66	2,70	2,74	2,78	2,83
L-Treonina	0,54	0,54	0,54	0,54	0,56	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55
L-Valina	0,26	0,26	0,26	0,25	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,27
Isoleucina	0,12	0,08	0,05	0,01	0,00	0,13	0,10	0,06	0,02	0,00
Cloreto de colina	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Salinomicina 12%	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Premix Vit ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix Min ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
RSF ³	0,00	25,0	50,00	75,00	100,0	0,00	25,00	50,00	75,00	100,0
Blend enzimático ⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
TOTAL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição Calculada										
EMA (kcal kg ⁻¹)	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
Proteína bruta (%)	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6
Cálcio (%)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Fósforo disp. (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Potássio (%)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Lis. Dig. (%)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Met+Cis dig. (%)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Treo. dig. (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Trip. dig. (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Valina dig. (%)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82

¹Premix vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Vit. A (mín.) 9.000,00, Vit. D3 (mín.) 2.500,00UI, Vit. E (mín.) 20,00UI, Vit. K3 (mín.) 2,50mg, Vit. B1 (mín.) 1,50mg Vit. B2 (mín.) 6,00mg, Vit. B6 (mín.) 3,00mg Vit. B12 (mín.) 12,00mg, Ácido pantotênico (mín.) 12,00mg, Niacina (mín.) 25,00mg, Ácido Fólico (mín.) 0,80mg, Biotina (mín.) 0,06mg, Selênio (mín.) 0,25mg. ²Premix Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Cobre (mín.) 10,00mg, Ferro (mín.) 50,00mg, Manganês (mín.) 80,00mg, Cobalto (mín.) 1,00mg Iodo (mín.) 1,00mg, Zinco (mín.) 50,00mg. ³RSF: Resíduo seco de feccularia. ⁴Blend enzimático: amilase 400g ton⁻¹ de ração, xilanase 200g ton⁻¹ de ração, beta-glucanase 50g ton⁻¹ de ração.

Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais utilizadas durante a fase de terminação (36 a 42 dias) para frangos de corte

Ingredientes	Sem adição de carboidrases					Com adição de carboidrases				
	0	2,5	5,0	7,5	10	0	2,5	5,0	7,5	10
Milho grão	655,9	617,8	578,2	537,9	497,7	666,2	627,5	588,4	548,1	507,9
Soja farelo, 46%	238,5	243,3	249,5	256,2	262,9	236,7	242,1	247,7	254,5	261,3
Farinha vísceras	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Óleo de soja	30,80	39,20	47,93	56,67	65,47	21,60	30,13	38,73	47,53	56,33
Fosfato bicálcico	4,87	4,93	4,93	4,93	4,93	4,87	4,87	4,93	4,93	4,93
Calcário cacítico	6,60	6,47	6,33	6,20	6,00	6,60	6,47	6,33	6,20	6,07
NaCl	4,00	4,00	4,00	4,00	4,07	3,93	4,00	4,00	4,00	4,00
Sulfafo de lisina	4,09	3,99	3,83	3,63	3,45	4,14	4,01	3,87	3,69	3,49
DL-Met. 99%	2,26	2,32	2,37	2,41	2,45	2,25	2,30	2,35	2,39	2,43
L-Treonina	0,36	0,39	0,40	0,40	0,41	0,36	0,38	0,40	0,40	0,41
Premix Vit. ¹	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix Min. ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
RSF ³	0,00	25,00	50,00	75,00	100,0	0,00	25,00	50,00	75,00	100,0
Blend enzimático ⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Composição Calculada										
EMA (kcal kg ⁻¹)	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta (%)	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3
Cálcio (%)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Fósforo disp. (%)	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Sódio (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Potássio (%)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Lis. Dig. (%)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Met+Cis dig. (%)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Treo. dig. (%)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Trip. dig. (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Valina dig. (%)	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81

¹Premix vitamínico para aves (Lote BR00014639), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Vit. A (mín.) 9.000,00, Vit. D3 (mín.) 2.500,00UI, Vit. E (mín.) 20,00UI, Vit. K3 (mín.) 2,50mg, Vit. B1 (mín.) 1,50mg Vit. B2 (mín.) 6,00mg, Vit. B6 (mín.) 3,00mg Vit. B12 (mín.) 12,00mg, Ácido pantotênico (mín.) 12,00mg, Niacina (mín.) 25,00mg, Ácido Fólico (mín.) 0,80mg, Biotina (mín.) 0,06mg, Selênio (mín.) 0,25mg. ²Premix Mineral para aves (Lote BR00013863), Níveis de Garantia por quilograma de ração: Cobre (mín.) 10,00mg, Ferro (mín.) 50,00mg, Manganês (mín.) 80,00mg, Cobalto (mín.) 1,00mg Iodo (mín.) 1,00mg, Zinco (mín.) 50,00mg. ³RSF: Resíduo seco de feccularia. ⁴Blend enzimático: amilase 400g ton⁻¹ de ração, xilanase 200g ton⁻¹ de ração, beta-glucanase 50g ton⁻¹ de ração.

No período de 1 a 21 dias os animais receberam uma ração única a base de milho e farelo de soja, sem inclusão do RSF e sem suplementação de carboidratos, formuladas para atender as exigências nutricionais (Rostagno et al., 2011). Durante todo período experimental ração e água foram fornecidos à vontade e o programa de luz utilizado foi o de 24 horas (natural mais artificial).

As temperaturas, mínima e máxima, monitoradas, diariamente, dentro do galpão utilizando-se termômetro digitais, foram, respectivamente, de 23,5° e 28,7°C e a umidade relativa média de 59%.

O peso e o consumo de ração foram registrados aos 42 dias de idade, para avaliação das variáveis de desempenho das aves. A mortalidade foi observada diariamente, para a realização das correções no consumo médio de ração e conversão alimentar (Sakomura e Rostagno, 2016).

Ao final do período experimental (42 dias de idade), as aves foram mantidas em jejum por seis horas, para colheita de sangue via punção braquial. Após este processo, o sangue foi centrifugado e o soro separado e congelado para as análises de colesterol, triglicerídeos (TAG), glicose, proteínas totais, creatinina, ácido úrico (AU), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), GamaGT. As leituras foram realizadas com a utilização de “kits” comerciais da marca Elitech, utilizando analisador automático Flexor EL 200 (Elitech).

Para determinação do rendimento de carcaça, cortes e qualidade da carne, três aves por UE, com peso médio do grupo ($2,823 \pm 0,141\text{kg}$), foram pesadas individualmente e sacrificadas utilizando o deslocamento cervical e posterior sangria, em conformidade com a resolução nº 1000/2012 do CFMV. Os animais foram abatidos de acordo com a Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA que estabelece os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário.

Para o rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada (sem pés, cabeça, pescoço e gordura abdominal) em relação ao peso da ave antes do abate e para o rendimento dos cortes (peito, coxa, sobrecoxa e asa) foi considerado o peso da carcaça eviscerada. O percentual de gordura abdominal foi obtido da gordura retirada próxima a bolsa cloacal e moela. Em adição, foi determinado o peso relativo da moela, fígado e intestino delgado (% do peso vivo).

A qualidade da carne das aves abatidas foi avaliada no músculo do peito (*Pectoralis major*) direito e esquerdo de duas aves por UE. O pH foi determinado diretamente no filé do

peito direito, 15 min e 24h “*post mortem*” (OLIVO et al., 2001), com o auxílio do peagâmetro portátil HI 99163 (Hanna Instruments.).

A coloração da carne de peito foi mensurada 15 min e 24h “*post mortem*” e a do pé 15 min “*post mortem*”, utilizando o colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta Sensing, São Paulo, Brasil). Os componentes L* (luminosidade – nível de escuro a claro), a* (intensidade de vermelho/verde) e b* (intensidade de amarelo/azul) foram expressos no sistema de cor Cielab.

O músculo do peito do lado esquerdo das aves foi utilizado para análise da capacidade de retenção de água na carcaça (CRA) e perda de peso por cocção (PPC). A CRA foi realizada de acordo com o método por centrifugação, proposto por Nakamura & Katok (1985). As amostras de aproximadamente 1 g de músculo do peito (*Pectoralis major*) “*in natura*” foram embrulhadas em papel filtro, centrifugadas a 2000 rpm durante quatro minutos, pesadas, secas em estufa a 70°C por 12h e pesadas novamente para o cálculo da CRA.

Para determinação da PPC, os filés de peito foram pesados, embalados em papel laminado e cozidos em chapa elétrica de modelo comercial com aquecimento até 180°C, até atingirem a temperatura interna de 80°C. A seguir, as amostras foram mantidas em repouso até estabilizarem a temperatura ambiente. Novamente as amostras foram pesadas, obtendo-se assim a PPC (HONIKEL, 1998).

Como procedimento estatístico, os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para verificar os efeitos dos níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca, da suplementação ou não de enzimas e da interação entre estes fatores. O efeito dos níveis de inclusão do resíduo sobre as variáveis avaliadas foi determinada por meio de regressão polinomial. O nível de significância (0,05) foi adotado em todas as análises, que foram realizadas utilizando o pacote estatístico SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2000).

4.3 Resultados e Discussão

Para as variáveis de desempenho foi observado interação ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão do RSF e a suplementação enzimática para a conversão alimentar (CA). As aves que receberam dietas isentas de carboidratos apresentaram piora linear ($P < 0,05$) da CA conforme aumento dos níveis de inclusão e para a utilização de enzimas, os resultados foram semelhantes, independentemente dos níveis de inclusão. Para as demais variáveis

determinadas de consumo médio (CM) e ganho de peso (GP), não foi observado interferência ($P>0,05$) dos fatores estudados (Tabela 3).

Os resultados obtidos para CM e GP, assemelham-se aos encontrados por Babatunde (2013), que avaliando o desempenho de frangos de corte de 22 a 46 dias de idade alimentados com níveis de crescentes de 10, 20 e 30% de inclusão de farinha de resíduos do processamento da mandioca, concluindo que o mesmo pode ser incluído em até 10% nas dietas sem afetar os parâmetros de desempenho das aves.

Da mesma forma, Nascimento et al. (2005), em estudo utilizando a farinha de raspa de mandioca em substituição ao milho nas rações de engorda de frangos de corte, recomendaram a utilização de 10,30% de inclusão, sem afetar o desempenho dos animais.

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte de 21 a 42 dias alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de fecularia (RSF), suplementadas ou não com carboidrases

	Ganho de peso (g)	Consumo médio de ração (g)	Conversão alimentar	
Sem Enzima	1927,96	3656,98	1,899	
Com Enzima	1929,61	3687,18	1,912	
RSF (%)			Sem Enzima	Com Enzima
0,0	1941,17	3663,40	1,859	1,918
2,5	1958,89	3706,86	1,863	1,927
5,0	1942,48	3679,62	1,866	1,925
7,5	1914,81	3667,79	1,942	1,893
10,0	1886,58	3642,73	1,965	1,899
Média	1928,78	3672,08	1,899	1,912
Enzima	0,934	0,136	0,357	
Inclusão	0,197	0,357	0,285	
Interação	0,150	0,934	0,007	
CV (%)	3,70	1,91	2,69	
Regressão Polinomial (P)				
Inclusão			0,003	0,501
Linear			<0,001 ¹	0,331
Quadrática			0,201	0,679

* CV: Coeficiente de variação.

¹ RCA sem enzima = 1,8406 + 0,011681 x INCL ($R^2 = 0,83$)

A interação constatada entre a inclusão dos níveis do RSF e a suplementação enzimática, demonstraram que não houve diferença significativa para CA ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão do RSF para os tratamentos suplementados com as carboidrases, indicando um aproveitamento semelhante dos nutrientes e eficiência na utilização das carboidrases, sendo que estas dietas foram valorizadas em 50 kcal kg⁻¹.

O alto teor de fibra da dieta é considerado um fator limitante de uso e muitas vezes, um fator antinutricional que pode prejudicar o desempenho dos animais (ROUGIÈRE et al., 2010). No caso da mandioca, que possui alta concentração de PNA's insolúveis, a baixa solubilidade em água e a tendência de aumento no volume e a taxa de passagem do bolo intestinal pode ter favorecido uma piora na CA quando os tratamentos não foram suplementados com enzimas (ARAÚJO et al., 2008).

Entretanto, segundo Kocher et al. (2002), a suplementação com carboidrases proporciona melhor disponibilidade energética pelo maior aproveitamento dos nutrientes. A ação dessas enzimas possui efeito direto na hidrólise dos PNA's, eliminando o efeito de encapsulamento provocado pelas paredes celulares dos vegetais, diminuindo a viscosidade da digesta e consequentemente maximizando a utilização dos nutrientes (SLOMINSKI, 2011), ação esta que foi eficiente em manter a CA neste estudo, independente dos níveis de inclusão.

Para o rendimento de peito, a análise de variância demonstrou interação ($P < 0,05$) entre os níveis de inclusão do RSF e a adição de enzimas, sendo observado um comportamento quadrático, com um maior rendimento ao nível estimado de 4,06% e menor rendimento ao nível estimado de 5,76% para as aves que receberam dietas não suplementadas e suplementadas com enzimas, respectivamente. Para as demais variáveis de rendimento não foi observado interferência ($P > 0,05$) dos fatores avaliados (Tabela 4).

O fato de não ter sido observado diferença para as variáveis de rendimento de carcaça e cortes pode estar relacionado com o adequado balanceamento de aminoácidos das dietas e com o desempenho semelhante encontrado para todos os tratamentos o que resultou em animais de peso uniforme (BARBOZA, 2000). Khempaka et al. (2009), avaliando o uso do RSF com níveis de inclusão de 4 a 16% para frangos de corte, também não encontraram diferenças significativas para rendimento de carcaça.

Tabela 4. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de fecularia (RSF), suplementadas ou não com carboidrases

	Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa (%)	Sobrecoxa (%)	Asa (%)	Gordura abdominal (%)
Sem Enzima	73,55	38,21	12,96	16,22	9,87	1,859
Com Enzima	73,79	38,16	12,91	16,33	9,96	1,839
RSF (%)	Sem Enzima		Com Enzima			
0,0	74,37	38,06	39,39	12,59	16,17	9,82
2,5	73,66	38,73	38,00	13,07	16,00	9,80
5,0	73,46	39,62	37,19	12,99	16,62	10,16
7,5	73,69	38,02	37,87	13,07	16,04	9,84
10,0	73,19	38,59	38,33	12,96	16,53	9,96
Média	73,67	38,18		12,94	16,27	9,92
Enzima	0,436	0,913		0,748	0,650	0,494
Inclusão	0,179	0,408		0,271	0,425	0,432
Interação	0,310	0,022		0,585	0,557	0,609
CV (%)	2,57	7,01		7,38	9,80	8,5
Regressão Polinomial (P)						
Inclusão		0,039	0,250			
Linear		0,098	0,301			
Quadrática		0,010 ¹	0,047 ²			

* CV: Coeficiente de variação.

¹Rpeito Sem Enzima = 37,9718 + 0,624229 x INCL - 0,076916 x INCL² (R² = 0,92)

²Rpeito Com Enzima = 39,3527 - 0,694160INCL + 0,0593469 x INCL² (R² = 0,94)

A análise de variância também não demonstrou interação (P>0,05) entre os níveis de RSF e a adição de enzimas para as variáveis de peso relativo dos órgãos (Tabela 5). Entretanto, foi constatado efeito da enzima sobre o peso do intestino, sendo que para os tratamentos não suplementados, o peso deste órgão foi maior.

Independentemente da adição de carboidrases, observou-se redução linear (P<0,05) do peso relativo da moela à medida que houve aumento dos níveis de inclusão, e, oposto à isso, observou-se aumento linear (P<0,05) do peso relativo do intestino delgado conforme aumento dos níveis de inclusão.

Tabela 5. Peso relativo da moela, fígado e intestino delgado e porcentagem de gordura abdominal de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de fecularia (RSF), suplementadas ou não com carboidrases

	Moela (%)	Fígado (%)	Intestino delgado (%)
Sem Enzima	2,017	1,909	5,707 ^a
Com Enzima	1,923	1,892	5,409 ^b
RSF (%)			
0 (controle)	2,110	1,836	5,165
2,5	2,073	1,877	5,224
5	2,115	1,900	5,486
7,5	1,856	1,951	5,864
10	1,690	1,939	6,056
Média	1,969	1,901	5,557
Enzima	0,188	0,664	0,056
Inclusão	<0,001	0,391	<0,001
Interação	0,264	0,125	0,934
CV (%)	21,82	13,37	17,16
Regressão Polinomial (P)			
Linear	<0,001 ¹		<0,001 ²
Quadrática	0,056		0,561

* CV: Coeficiente de variação.

¹R_{moela} = 2,1802 – 0,0422967xINCL (R² = 0,78)

²R_{intestino} = 5,07452 + 0,0968323xINCL (R² = 0,96)

A atrofia da moela conforme aumento dos níveis de inclusão do RSF pode estar atribuída a granulometria do RSF que é relativamente mais fina que a do milho. A granulometria tem influência direta sobre a taxa de passagem, pois, ingredientes com partículas maiores reduzem a taxa de passagem no trato enquanto os compostos de partículas mais finas, tem um transito rápido do papo para o intestino, ocasionando assim uma atrofia deste órgão.

De acordo com KASIM & EDWARDS Jr. (2000), a presença de partículas maiores, ocorre uma maior atividade dos músculos que envolvem a moela devido ao maior volume de ração presente neste órgão, o que não ocorreu neste caso devido a granulometria fina do RSF.

O aumento no peso do intestino delgado, pode ser causado pelo efeito abrasivo da fibra que pode provocar uma limitação na ação das enzimas endógenas durante o processo digestivo, resultando em alterações morfológicas e fisiológicas do trato gastrintestinal. Essa alteração pode causar um aumento gradativo na espessura dos músculos da parede intestinal (SVIHUS et al., 2010), resultando em maior peso relativo desse órgão.

Braz et al. (2011), avaliando dietas fibrosas para poedeiras em fase de crescimento e postura, também constataram aumento linear no peso do intestino delgado. Segundo os

autores, o aumento da fibra na dieta induz a maior atividade desse órgão na tentativa de melhorar a digestão e a absorção, acarretando maior desenvolvimento.

Considerando este fato, o menor peso do intestino encontrado para os tratamentos que receberam a suplementação enzimática, indica que as enzimas foram eficientes em auxiliar na absorção dos nutrientes e que conseqüentemente, o intestino teve menor trabalho e gasto energético neste processo, e não afetou negativamente a parede intestinal dos animais.

Para as variáveis de perfil bioquímico sanguíneo não foi constatada interação ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão do RSF e a suplementação enzimática (Tabela 6). Entretanto, para os parâmetros de Creatinina e Gama glutamiltransferase (GGT) foi constatada diferença significativa ($P<0,05$) entre a inclusão ou não da suplementação enzimática.

Tabela 6. Parâmetros sanguíneos de frangos de corte aos 42 dias alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de fecularia (RSF), suplementadas ou não com carboidratos

	Col.	Tri.	Gli.	PT	Crea.	AU	AST	ALT	GGT
Sem Enzima	111,16	34,84	218,80	2,86	0,21 ^a	2,93	307,84	13,80	15,92 ^a
Com Enzima	115,44	33,72	220,20	2,77	0,16 ^b	2,30	312,32	11,12	12,20 ^b
RSF (%)									
0,0	105,1	39,9	212,80	2,77	0,17	3,29	310,00	14,50	14,30
2,5	117,1	34,0	220,70	2,79	0,18	2,43	305,10	12,00	12,00
5,0	117,6	33,8	223,10	2,88	0,17	2,62	316,70	15,30	16,60
7,5	111,8	32,3	219,50	2,74	0,18	2,29	343,50	10,70	13,10
10,0	114,9	31,4	221,40	2,93	0,23	2,45	275,10	9,80	14,30
Média	113,3	34,28	219,5	2,82	0,18	2,61	310,08	12,46	14,06
Enzima	0,280	0,635	0,786	0,330	0,005	0,056	0,910	0,058	<0,001
Inclusão	0,260	0,190	0,749	0,601	0,254	0,322	0,861	0,066	0,078
Interação	0,198	0,594	0,365	0,562	0,296	0,309	0,781	0,056	0,117
CV (%)	12,19	24,12	8,23	10,94	32,16	43,39	44,01	38,93	25,51

* CV: Coeficiente de variação, Col.=Colesterol, Tri.= Triglicerídeos, Gli.=Glicose, PT= Proteínas totais, Crea.=Creatinina, AU = Ácido úrico, AST= Asparto aminotransferase, ALT= Alanina aminotransferase, GGT = Gama glutamiltransferase.

Níveis acima do recomendado de creatinina estão diretamente relacionados a danos renais graves (CAPITELLI e CROSTA, 2013). Os resultados obtidos mostraram níveis maiores de creatinina para os animais que não receberam a suplementação enzimática ($P<0,05$), entretanto, apesar da diferença, os valores encontrados estão dentro dos padrões normais para aves, entre 0,1 a 0,4 mg dL⁻¹ (HOCHLEITHNER, 1994).

Houve um aumento da concentração da GGT para os tratamentos não suplementados com enzimas. A enzima GGT está distribuída no organismo, principalmente em tecidos renais, e por ser considerada um marcador pouco sensível e inconsistente para o diagnóstico de doença hepática nas aves, a utilidade clínica desta enzima no diagnóstico de doenças biliares nas aves ainda não tem sido profundamente avaliada (HARR, 2002).

Os parâmetros avaliados de Colesterol (Col), Triglicerídeos (Tri), Glicose (Gli), Proteínas totais (PT), Ácido úrico (AU), Asparto aminotransferase (AST) e Alanina aminotransferase (ALT) não foram influenciados pela presença ou não das enzimas nas dietas, nem pelos níveis de inclusão ($P > 0,05$).

A avaliação bioquímica do sangue é uma ferramenta para detecção de doenças, fornecendo informações sobre o grau de lesão de órgãos como rins, músculos e fígado (SCHMIDT et al., 2007). Segundo Minafra et al. (2010), a análise dos constituintes bioquímicos do soro sanguíneo reflete a condição de saúde do animal, sinalizando possíveis alterações no sistema fisiológico.

Desta forma, os resultados encontrados demonstram que a inclusão de até 10% de resíduo seco de fecularia e a suplementação enzimática às dietas para frangos de corte não interferiram nas respostas fisiológicas das aves.

Para as variáveis de coloração da carne do peito e pés das aves 15 minutos *post mortem* e 24 horas *post mortem* não foi constatada interação ($P > 0,05$) entre os níveis de inclusão do RSF e a suplementação enzimática (Tabelas 7 e 8). Entretanto, a variável b^* , independentemente da adição de carboidrases, apresentou redução linear ($P < 0,05$) conforme aumento dos níveis de inclusão do RSF para três as variáveis. Já para as variáveis de cor L e a^* não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$).

Os parâmetros de cor utilizados para essa avaliação se baseiam no sistema colorimétrico chamado Cielab, onde as escalas de cor são apresentadas como: L, luminosidade situada no intervalo de claro (100) a escuro (0); a^* , intensidade de cor do vermelho (+a) ao verde (-a); b^* , intensidade de cor do amarelo (+b) ao azul (-b), refletidos os transmitidos pelo objeto (OLIVO, 2006).

A pigmentação da carne de frango é fortemente influenciada pela presença de carotenoides na alimentação, conhecidos como xantofilas, que contribuem para a pigmentação (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001).

Tabela 7. Coloração da carne do peito e pés de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes níveis de resíduo seco de fecularia (RSF), suplementadas ou não com carboidratos

Enzima	Coloração da carne do peito			Coloração da carne do peito			Coloração dos pés		
	15 minutos “ <i>post mortem</i> ”			24 horas “ <i>post mortem</i> ”			15 minutos “ <i>post mortem</i> ”		
	L	a*	b*	L	a*	b*	L	a*	b*
Sem	49,85	1,97	4,94	59,64	2,08	6,19	78,21	-1,68	37,05
Com	49,26	1,82	5,17	59,85	1,89	5,58	78,94	-2,08	37,48
RSF (%)									
0,0	50,46	1,85	5,61	60,18	2,32	7,20	78,62	-1,82	40,93
2,5	49,38	1,94	5,42	60,49	2,08	6,24	77,90	-1,83	38,75
5,0	49,01	2,13	5,27	58,62	1,91	6,09	78,96	-1,91	38,44
7,5	49,71	2,06	4,87	59,54	2,17	5,33	78,10	-1,76	36,45
10,0	49,22	1,51	4,11	59,89	1,47	4,59	79,32	-2,08	34,28
Média	49,55	1,89	5,06	59,74	1,99	5,89	78,58	-1,88	37,77
Enzima	0,292	0,413	0,500	0,622	0,427	0,058	0,262	0,101	0,669
Inclusão	0,504	0,257	0,047	0,048	0,166	<0,001	0,615	0,936	0,024
Interação	0,294	0,087	0,454	0,343	0,414	0,910	0,712	0,691	0,405
CV (%)	6,87	61,12	40,97	4,22	69,50	33,09	5,04	-80,01	21,40
Regressão Polinomial (P)									
Linear			0,004 ¹	0,297		<0,001 ²			0,001 ³
Quadrática			0,328	0,096		0,893			0,763

* CV: Coeficiente de variação.

¹b*- Rpeito 15 minutos “*post mortem*” = 5,7699 – 0,177887xINCL (R² = 0,89)

²b*- Rpeito 24 horas “*post mortem*” = 7,12 – 0,307042xINCL (R² = 0,97)

³b*- Rpés 40,8904 – 0,780233xINCL (R² = 0,96)

Nesse estudo, a redução linear da cor b*, indica a perda da intensidade de cor da amarela da carne de peito e pés das aves conforme aumento dos níveis de inclusão do RSF. Segundo Chauynarong et al. (2009), a redução na intensidade b* para a carne de peito e pés de frangos de corte pode estar relacionada a deficiência de xantofilas e carotenoides da mandioca e seus coprodutos e subprodutos.

Não houve interação (P>0,05) para os parâmetros de pH aos 15 minutos *post mortem*, pH à 24 horas *post mortem*, capacidade de retenção de água e perda por cocção. A capacidade de retenção de água se comportou de forma quadrática conforme o aumento dos níveis de inclusão do RSF (P<0,05), tendo menor nível com 4,87% de inclusão.

Tabela 9. Qualidade da carne do peito de frangos de corte aos 42 dias alimentados com resíduo seco de feccularia (RSF) associado ou não à suplementação com carboidrases

	pH 15 post mortem	pH 24h post mortem	Capacidade retenção de água (%)	Perda por cocção (%)
Sem	6,16	5,97	54,21	26,54
Com	6,17	5,95	54,00	26,96
RSF (%)				
0,0	6,19	5,97	55,90	26,88
2,5	6,14	5,97	54,15	28,31
5,0	6,14	5,99	52,60	25,63
7,5	6,18	5,95	53,82	26,24
10,0	6,19	5,93	54,01	26,67
Média	6,17	5,96	54,11	26,75
Enzima	0,865	0,243	0,661	0,567
Inclusão	0,735	0,440	0,016	0,211
Interação	0,177	0,385	0,408	0,570
CV (%)	3,196	2,274	7,777	13,658
Regressão polinomial (P)				
Linear			0,058	
Quadrática			0,008 ¹	

* CV: Coeficiente de variação.

¹R CRA = 55,8844 – 1.18214xINCL + 0,121311xINCL² (R² = 0,85)

A qualidade de carne dos animais pode estar relacionada à diversos fatores como nutrição, condições ambientais, sanitárias, manejo de criação e manejos durante o pré e pós abate (MENDES & KOMIYAMA, 2011).

Segundo Abrahão et al. (2005), animais alimentados com produtos e subprodutos da mandioca, não apresentam alteração negativa na qualidade da carne, tornando possível seu uso para alimentação animal, mantendo a qualidade do produto final e reduzindo custos já que estes produtos geralmente apresentam valor competitivo.

Broch et al. (2017) ao avaliarem o RSF na alimentação de frangos de corte com suplementação de carboidrases (até aos 21 dias de idade das aves) também não observaram impactos negativos sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e cortes e qualidade da carne e também não ocorreram alteração nos parâmetros séricos considerados normais em frangos de corte, considerando o período total de criação, 42 dias de idade.

Mateus et. al. (2006), sugerem que a inclusão de forma moderada de alguns tipos de fibra não são prejudiciais para o desempenho de frangos de corte e podem melhorar a fisiologia digestiva e utilização de nutrientes.

4.4 Conclusão

O RSF pode ser utilizado nas dietas de frangos de corte até o nível avaliado de 10% desde que suplementado com carboidrases para a manutenção da conversão alimentar durante as fases de crescimento e terminação.

O aumento nos níveis do RSF da dieta afetou diretamente no peso médio do intestino delgado, sendo este efeito minimizado quando realizado a suplementação enzimática. Conforme aumento dos níveis de inclusão do coproduto, houve redução linear do peso da moela e a ausência de xantofilas neste ingrediente também reduziu a coloração amarela dos pés e da carne de peito.

Os parâmetros de qualidade da carne e o perfil bioquímico não foram afetados pelo uso do RSF nem pela suplementação enzimática, sendo assim, este coproduto pode ser utilizado até o nível avaliado de 10% sem afetar o metabolismo das aves e a qualidade da carne.

4.5 Referências

- ARO, S. O. Improvement in the nutritive quality of cassava and its by-products through microbial fermentation. **African Journal of Biotechnology**, vol.7, n.25, p. 4789-4797, 2008.
- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; PEROTTO, D. et al. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo umido da extração da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1640-1650, 2005.
- BABATUNDE, B. B. Effect of Feeding Cassava Wastes on the Performance and Meat Quality of Broiler Chickens. **Malaysian Journal of Animal Science**, v.16, n.2, p.63-73, 2013.
- BARBOSA, N.A.A.; BONATO, M.A.; SAKOMURA, N.K. et. al. Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunica Scientiae**, v.5 n.4, p.361-369, 2014.
- BARBOZA, W. A.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; et al. Níveis de lisina para frangos de corte de 22 a 40 e 42 a 48 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1091-1097, 2000.
- BRAZ, N.M.; FREITAS, E.R.; BEZERRA, R.M. et al. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.12, p.2744-2753, 2011.
- BROCH, J.; NUNES, R. V.; OLIVEIRA, V. et al. Dry residue of cassava as a supplementation in broiler feed with or without addition of carbohydrases. *Semina: ciências agrárias*, v.38, n.4, p.2641-2658, 2017.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal**, v.16, p.71-120, 2013.
- CHAUYNARONG, N., ELANGO VAN, A.V., IJI, P.A. The potential of cassava products in diets for poultry. **World's Poultry Science Journal**. v.65, p.24-36, 2009.
- GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**. v.86, n.8, p.1705-1715, 2007.
- GUTKOSKI, L. C.; TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de beta-glicanas em cultivares de aveia (*Avena sativa* L). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.19, n.3, 1999.
- HARR, K. E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology, Santa Barbara**. v.31, n.3, p.140-151, 2002.

- HETLAND, H., SVIHUS, B., CHOCT, M. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. **Journal of Applied Poultry Research**. v.14, p.38–46, 2005.
- HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, n.4, p.447-457, 1998.
- HOCHLEITHNER, M. Biochemistries **In: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON L. R.** Avian medicine: principles and application. Lake Worth: Wingers Publishing. p.176-198, 1994.
- KASIM, A.B.; EDWARDS Jr. Effect of sources of maize and maize particle sizes on the utilization of phytate phosphorus in broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.15-26, 2000.
- KHEMPAKA S., MOLEE, W.; GUILLAUME, M. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **Journal Poultry Science**. v.18 p.487–493, 2009.
- KRÁS, R.V.; KESSLER, A.M.; RIBEIRO, A.M.L. et al. Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broiler chickens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.15, n.1, p.15-20, 2013.
- KOCHER, A.; CHOCT, M.; PORTER, M. D.; BROZ, J. Effects of feed enzymes on nutritive value of soybean meal fed to broilers. **British Poultry Science**, London. v.43, n.1, p.54-63, 2002.
- MATEOS, G.G.; LÁZARO, R.; GONZÁLEZ-ALVARADO, E. et al. Efectos de la Fibra Dietética en Piensos de Iniciación para Pollitos y Lechones. **In: XXII Curso de Especialización Fedna**, Barcelona. p.39-66, 2006.
- MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaças e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.352-357, 2011.
- MINAFRA; C. S.; MARQUES; S. F. F.; STRINGHINI, J. H. et al. 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.2991-2996, 2010.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/bem-estaranimal/arquivos/arquivos-legislacao/in-03-de-2000.pdf/view>. Acesso em: 15/02/2018.
- NASCIMENTO, G.A.J.; COSTA, F.G.P; JÚNIOR AMARANTE, V.S. et al. Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final. **Ciência Agrotécnica**, v.29, n.1, p.200-207, 2005.
- NAKAMURA, M.; KATOK, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. **Prefecture College of Agriculture**, v.11, p.45-49, 1985

- NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.
- OLIVO, R. et al. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v.25, n.289, p.44-49, 2001.
- OLIVO, R. **O mundo do frango**. Criciúma: Ed. do Autor, 2006. 680p.
- PÉREZ-VENDRELL, A. M. et al. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**. v.80, n.2, p.320-326, 2001.
- PICOLI, K. P.; MURAKAMI, A. E.; NUNES, R. V. et al. Cassava starch factory residues in the diet of slow-growing broilers. **Tropical Animal Health production**, v.46, p.1371–1381, 2014.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 599 p., 2007.
- RIBEIRO, T.; LORDELO, M.M. S.; PONTE, P.I.P. et al. Levels of exogenous β -glucanase activity in barley affect the efficacy of exogenous enzymes used to supplement barley based diets for poultry. **Journal Poultry Science**, v.90, n.6, p.1245-1256, 2011.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia. 252p., 2011.
- ROUGIÈRE N, CARRÉ B. Comparison of gastrointestinal transit times between chickens from D+ and D- genetic lines selected for divergent digestion efficiency. **Unité de Recherches Avicoles**. v.4, p.1861-1872, 2010.
- SAEG, 2000. **Sistema para análises estatísticas**, versão 7.0. UFV. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SAKOMURA N.K., VILAR-SILVA J.H., PERAZZO-COSTA F.G. et al.. **Nutrição de não-ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP; 2014.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016, 262 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 235p., 2006.
- SANTOS, Z. A. S.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T. et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.232-237, 2005.
- SCHMIDT, E.M.S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E. et al. Patologia clínica em aves de produção - uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola. **Archives of Veterinary Science**. v.12, n.3, p.9-20, 2007.

SVIHUS, B.; SACRANIE, A.; CHOCT, M. The effect of intermittent feeding and dietary whole wheat on performance and digestive adaptation in broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, n.12, p.2617-2625, 2010.

VAN KEULEN, J.V.; YOUNG B.A. . Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal Animal Science**. v.44, p.282, 1977