

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SUELEN MARIA EINSFELD

FEIJÃO PARTIDO EXTRUSADO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES (15 A 30
KG DE PESO VIVO)

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2018

SUELEN MARIA EINSFLED

FEIJÃO PARTIDO EXTRUSADO NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES (15 A 30
KG DE PESO VIVO)

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Claudio Furlan

DOIS VIZINHOS

2018

E35f	<p>Einsfeld, Suelen Maria. Feijão partido extrusado na alimentação de leitões (15 a 30 kg de peso vivo) / Suelen Maria Einsfeld – Dois Vizinhos, 2018. 50f.:il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Antônio Claudio Furlan Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dois Vizinhos, 2018. Bibliografia p. 42-48</p> <p>1.Suínos - Alimentação e rações 2. Digestão 3. Desempenho I. Furlan, Antônio Claudio, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos III. Título.</p> <p>CDD: 636.4084</p>
------	---



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 090

Feijão partido extrusado na alimentação de leitões (15 a 30 kg de peso vivo)

Suelen Maria Einsfeld

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia seis de fevereiro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para obtenção do título de MESTREEM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Banca examinadora:

Antonio Claudio Furlan
UTFPR-DV

Patrícia Rossi
UTFPR-DV

Paulo Cesar Pozza
UEM

Coordenador do PPGZO
Assinatura e carimbo

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

A Deus, por iluminar os meus passos e pela presença constante em todos os momentos da minha vida.

À minha amada família! Meus pais, Alirio Einsfeld e Sirlei Maria Baldissera Einsfeld, e meu irmão Sulívan Alirio Einsfeld, por todo amor, gratidão e ensinamento. Devo mais essa conquista a vocês.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por todas as bênçãos alcançadas;
Agradeço especialmente aos meus pais Alirio Einsfeld e Sirlei Maria Baldissera Einsfeld e ao meu irmão Sulívan Alirio Einsfeld, que nunca mediram esforços para que meus sonhos se tornassem realidade;

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Claudio Furlan, que sem a sua experiência, preocupação, dedicação, ensinamentos, conhecimentos e amor à pesquisa nada disso teria acontecido. Muito obrigado por tudo, o senhor é o exemplo profissional do qual tenho muito orgulho de ter trabalhado.

Agradeço aos meus tios, tias e primos que sempre me apoiaram e deram forças para continuar nessa caminhada;

Ao meu namorado Leonardo Duarte, por todo o carinho, apoio e compreensão.
A UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos, toda equipe de funcionários e professores do Departamento de Zootecnia e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os seus membros pela dedicação, respeito, amizade, competência e por todo ensinamento repassado.

Ao Laboratório de Bromatologia da UTFPR, Prof. Dr^a. Magali Floriano da Silveira;

Ao Prof. Dr. Elias Nunes Martins pelo auxílio nas análises estatísticas;

À Universidade Estadual de Maringá, ao Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza pela oportunidade de realização das análises experimentais e a Natalia Sitanaka pela ajuda e os ensinamentos transmitidos;

Ao Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos, por disponibilizar a extrusora, para extrusão do feijão;

À Edna Kamimura Furlan e o Prof Dr. Antonio Claudio Furlan, pelo carinho e hospedagem em sua casa durante o período de realização das análises laboratoriais na UEM.

À Granja Pinzon, pelo empréstimo dos leitões para a realização do experimento de desempenho;

À Danes Indústria e Comércio de Rações LTDA, pela disponibilidade e realização da extrusão do feijão partido.

À Prof. Dr^a. Patrícia Rossi e ao Prof. Dr. Paulo Segatto Cella, responsável pela UNEP- Suinocultura por todos os ensinamentos na área, esforços e dedicação com a pesquisa;

Ao coordenador da Estação Experimental da UTFPR, Anselmo Boden Muller Filho e aos funcionários que colaboraram com o desenvolvimento das atividades de campo;

Aos bolsistas e voluntários da UNEP- Suinocultura e ao Grupo de Pesquisa PENAS da UTFPR;

Ao meu amigo Adélio Rodrigo de Lima que nunca mediu esforços para me ajudar durante todo o período experimental, pela amizade, companheirismo e gratidão.

As irmãs que ganhei, Angelita Muzzolon Mayer e Zilmara Welter Czekoski, pela amizade verdadeira, palavras de conforto, apoio, incentivo, angústias e preocupações divididas.

Aos amigos do PPGZO turma 2016, em especial a Joselaine Bortolanza Padilha pelo incentivo, apoio, descontração e amizade, e a todos aos demais amigos e colegas que de uma forma ou outra contribuíram;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, auxiliando para a concretização deste estudo.

Palavras não são o suficiente para expressar o quanto vocês foram fundamentais;

Serei eternamente grata a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, pois sem a colaboração de cada um de vocês nada teria sido possível.

Muito obrigado!

EINSFELD, Suelen M. Feijão partido extrusado na alimentação de leitões de (15 a 30 kg de peso vivo). Folhas. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi determinar o valor nutricional do feijão partido extrusado (FPE) e os efeitos da inclusão de níveis crescentes nas rações sobre o desempenho de suínos de 15 a 30 kg de peso vivo. Foram realizados dois experimentos, um de digestibilidade e outro de desempenho. No Experimento I foi conduzido um ensaio de digestibilidade total com 20 leitões machos castrados de linhagem comercial com peso médio inicial de 22,0 kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, quatro repetições e um animal por unidade experimental. O feijão partido extrusado substituiu a ração referência em percentuais de 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0%. Os coeficientes de digestibilidade da Matéria Seca (MS), Matéria Orgânica (MO), Proteína Bruta (PB), Energia Digestível (ED) e Energia Metabolizável (EM) não foram diferentes entre os níveis de FPE avaliados ($P > 0,05$). Os teores de ED e EM do FPE foram, respectivamente, de 3.152,2 e 3.077,6 kcal/kg. No Experimento II foram utilizados 60 leitões de linhagem comercial de alto potencial genético, metade macho castrado e metade fêmea com 15 kg de peso médio inicial e 30 kg de peso médio final, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco níveis crescentes de inclusão de FPE (0; 7,5; 15; 22,5 e 30 %), seis repetições e dois leitões por unidade experimental. A análise de regressão, considerando a ração controle, sem adição de feijão, mostrou redução linear ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão do feijão no peso final (PF), ganho de peso diário (GPD) e consumo de ração médio diário (CRMD). A conversão alimentar (CA) não foi afetada ($P > 0,05$) pela inclusão dos níveis crescentes do feijão extrusado. Entre os níveis de inclusão avaliados não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no desempenho. Conclui-se que o feijão partido extrusado apresentou bom valor energético (3.078 Kcal EM/kg) e a sua inclusão nas rações, independente dos níveis avaliados, promoveu prejuízo no desempenho dos leitões de 15 a 30 kg de peso vivo.

Palavras chave: Digestibilidade, desempenho, suínos.

EINSFELD, Suelen, M. Extruded split bean in feed of piglets (15 to 30 kg live weight). Sheets. Dissertation (Master in Animal Science) - Graduate Program in Animal Science, Federal Technological University of Paraná. Dois Visinhos, 2018.

ABSTRACT

The aim of the present study was to determine the nutritional value of extruded split bean (ESB) and the effects of its inclusion in increasing levels in feed on the performance of pigs ranging from 15 to 30 kg live weight. Two experiments were carried out, one regarding digestibility and another evaluating performance. In Experiment I, a total digestibility assay was performed with 20 barrows of a commercial lineage with initial mean weight of 22.0 kg, individually distributed in metabolism cages, in a completely randomized design with five treatments, four replicates and one animal per experimental unit. The extruded split bean replaced the reference feed at 7.5, 15.0, 22.5 and 30.0%. The digestibility coefficients of DM, OM, CP, DE and DM were not significantly different between the evaluated ESB levels ($P > 0.05$). The DE and DM content of the ESB were 3,152.2 and 3,077.6 kcal/kg, respectively. In Experiment II, 60 high genetic potential commercial piglets were used, half barrows and half gilts, with 15 kg of initial mean weight and 30 kg of final mean weight, distributed in a completely randomized experimental design with five increasing ESB inclusion levels (0, 7.5, 15, 22.5 and 30%), six replicates and two piglets per experimental unit. A regression analysis, considering the control feed, without bean addition, indicated a linear decrease ($P < 0.05$) of the bean inclusion levels in FW, ADWG and ADFC. FC was not affected ($P > 0.05$) by bean inclusion at increasing levels of extruded bean. No significant difference ($P > 0.05$) in performance was observed between inclusion levels. The extruded split bean presented good energy value (3,078 Kcal ME/kg) and its inclusion in the rations, regardless of the evaluated levels, caused a loss in performance in piglets ranging from 15 to 30 kg of live weight.

Key words: Digestibility, performance, pigs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Modelo do equipamento da extrusão	20
Figura 2 - Representação gráfica: a) Energia Metabolizável (EM);b) Energia Digestível (ED), do feijão partido extrusado (FPE), obtido a partir da ED e EM ingeridas associadas ao consumo do feijão partido extrusado.	33
Figura 3- Ureia plasmática (UREIA) de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição centesimal, energética e química da ração referência para suínos na fase inicial (15-30 kg).....	25
Tabela 2- Composição centesimal, energética e química das rações experimentais para suínos na fase inicial (15-30 kg). Erro! Indicador não definido.	
Tabela 3- Composição química, energética e aminoacídica do feijão partido na matéria natural.	30
Tabela 4- Coeficientes de digestibilidade do feijão partido extrusado, para leitões na fase inicial (15-30 Kg de peso vivo).....	32
Tabela 5- Índices de Absorção em Água (IAA) do feijão partido cru e extrusado.	34
Tabela 6- Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).	35
Tabela 7- Teores de inibidores de tripsina do Feijão partido extrusado e Feijão in natura	36
Tabela 8 - Caracterização físico-química, após tratamento térmico do Feijão Extrusado.	38
Tabela 9- Ureia plasmática (UREIA) de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Panorama da suinocultura	16
3.2 Ingredientes alternativos na alimentação de suínos e suas limitações	16
3.2.10 Feijão partido (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	17
3.3 Fatores antinutricionais do feijão	18
3.5 Extrusão e inativação dos fatores antinutricionais.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXOS	49

1. INTRODUÇÃO

A produção de suínos vem crescendo vigorosamente nas últimas décadas, fruto dos investimentos em ampliações e da substancial evolução na produtividade das granjas. Na região sul do país há o predomínio de pequenos produtores integrados e/ou cooperados, especializados em determinada fase de produção, já a região sudeste é marcada pela produção de ciclo completo. No entanto, cada sistema está adaptado ao seu mercado e todas vem ganhando eficiência e competitividade, mantendo-se em constante crescimento na produção nacional (Associação Brasileira de Criadores de Suínos - ABCS, 2016).

O plantel reprodutivo brasileiro é de 1.720.255 matrizes, tendo produzido 39.263.964 suínos para o abate em 2015, esse volume de animais fez com que o Produto Interno Bruto (PIB) do país somasse R\$ 62,576 bilhões. A produção tecnificada está distribuída em cerca de 3,1 mil granjas de produção e quase 15 mil granjas de engorda (crechários, crescimento e terminações), dessa forma a suinocultura empregou diretamente cerca de 126 mil pessoas em 2015 (ABCS, 2016).

Entretanto, nos últimos anos, a suinocultura brasileira tem passado por períodos de instabilidade, em função do baixo preço do produto associado aos elevados custos de produção. A alimentação dos suínos tem sido realizada com rações formuladas à base de milho e farelo de soja como principais ingredientes. No entanto, a flutuação do preço desses ingredientes aumenta o custo da ração, podendo chegar a aproximadamente 70% dos custos de produção, sendo que as fases de crescimento e terminação apresentam juntas mais de 60% dos gastos com ração (FIALHO et al., 2009).

Dessa forma, a busca por alimentos alternativos que atendam às exigências nutricionais nas diferentes fases de produção, a menor custo, sem afetar negativamente o desempenho dos animais, é uma necessidade para maior eficiência de produção e manutenção dos preços de mercado.

A busca pela minimização dos custos de produção e a maximização da eficiência de utilização dos cereais, leguminosas e óleos vegetais, tem proporcionado inúmeros estudos na área de processamento de rações, com o intuito de modificar a forma física e química dos carboidratos e proteínas, que

possibilitam melhorias na digestibilidade, no aproveitamento dos ingredientes das rações e no melhor desempenho dos animais.

Neste sentido, o feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) caracteriza-se como uma leguminosa alimentícia para o consumo humano e animal, rica em proteína, ferro e carboidratos (Magalhães et al. 2008). É cultivado em boa parte do planeta com aproximadamente 23 milhões de hectares. A região Centro-Sul do Brasil é responsável pela maior parte do volume da produção de feijão. Considerando a safra 2015/16 este volume é de 53,04% da produção total, que corresponde à aproximadamente 3.334,6 ton. Os principais estados produtores são o Paraná, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e São Paulo (CONAB, 2016).

Durante o processo de beneficiamento de feijão comum na indústria ocorre a quebra de alguns grãos, que resultam as bandinhas e as quíteras, também consideradas subprodutos, por representarem rejeitos do processo produtivo humano, mas que podem ser utilizadas na alimentação animal, pois proporcionam bons níveis nutricionais e apresentam disponibilidades regionais consideráveis, podendo chegar a 12% do volume beneficiado.

No entanto, uma das maiores limitações na utilização de produtos de origem vegetal é a presença de fatores antinutricionais, os quais podem ser definidos como compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal (Benevides et al. 2011), que podem diminuir a digestibilidade dos nutrientes da dieta, afetando o desempenho animal (OLIVEIRA et al., 2000).

As leguminosas, como a soja e o feijão, são ricas nestes compostos, destacando os taninos, fitatos, polissacarídeos não-amiláceos, inibidores de proteases e hemaglutininas (Lajoto et al. 1996), que quando ingeridos junto à alimentos não processados ou processados de forma incorreta, interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes, como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos e minerais, além de poder causar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos (SANTOS, 2006).

Contudo, o processamento do feijão por extrusão pode reduzir os efeitos deletérios dos fatores antinutricionais, possibilitando o seu uso em rações de animais não ruminantes, pois estes fatores são termolábeis e podem ser

desnaturados durante a extrusão (Anton et al. 2009), processo que associa altas temperaturas e pressão em conjunto com umidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o valor nutricional do feijão partido extrusado e avaliar níveis crescentes nas rações sobre o desempenho de suínos de 15 a 30 kg de peso vivo.

2.2 Objetivos específicos

Determinar a composição química, energética e a digestibilidade de nutrientes do feijão partido extrusado para suínos de 15 a 30 kg de peso vivo.

Determinar a efetividade do processo de extrusão na inativação dos fatores antinutricionais do feijão, a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2%, a atividade da uréase e o índice de solubilidade em água.

Estabelecer o melhor nível de inclusão de feijão partido extrusado nas rações de suínos na fase inicial de crescimento (15-30kg) que propicie melhor desempenho e retorno econômico.

Determinar a ureia plasmática em suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de feijão partido extrusado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Panorama da suinocultura

A suinocultura brasileira tem como modelo produtivo, em sua maioria, a gestão de integração entre produtores e indústrias, na qual, os animais são criados no sistema intensivo de produção, que consiste na criação destes, em confinamento. Desta forma, as agroindústrias de suínos do Brasil estão focadas na preservação ambiental, e em programas de redução e reciclagem de resíduos para diversos fins sustentáveis.

Entretanto, é uma atividade de grande relevância na produção agropecuária brasileira e mundial. O consumo da carne suína tem aumentado significativamente nas últimas décadas, atualmente é a fonte de proteína animal, com exceção do leite, mais produzida e consumida no mundo, com 29,86% seguida pela carne de frango, com 22,97%, ovos de galinha (18,5%) e carne bovina (17,56%). Estas quatro fontes correspondem a 88,44% da proteína animal consumida mundialmente (Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, 2016).

O Brasil é o quinto maior consumidor de carne suína do mundo, com 2.771 mil toneladas, é o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo, com 3.731 mil toneladas produzidas. Deste total, 732 mil toneladas foram exportadas para 70 países em 2016 (ABPA, 2017).

De acordo com ABCS (2016) o Brasil abateu aproximadamente 39 milhões de cabeças em 2015. O consumo per capita é de 14,4 kg por habitante com preferência pelos alimentos industrializados (ABPA, 2017).

O Estado do Paraná é o segundo maior produtor nacional de suínos, com uma produção de 777.744.913 kg de carne suína representando 21% da produção brasileira que é de 3,71 milhões de toneladas, ficando atrás apenas do estado de Santa Catarina que representa 26% da produção (GERVASIO, 2017).

3.2 Ingredientes alternativos na alimentação de suínos e suas limitações

A busca por alimentos alternativos que atendam às exigências nutricionais, nas diferentes fases de produção a um menor custo sem afetar

negativamente o desempenho dos animais é uma necessidade para maior eficiência de produção e manutenção dos preços de mercado.

O farelo de soja e o milho são as fontes protéicas e energéticas mais amplamente utilizadas, mas o uso de alimentos alternativos pode ser economicamente interessante para os produtores de suínos. O feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) caracteriza-se como uma leguminosa alimentícia para o consumo humano e animal, rica em proteína, ferro e carboidratos (MAGALHÃES et al., 2008).

3.2.10 Feijão partido (*Phaseolus vulgaris L.*)

O Feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma leguminosa, comumente consumida em grandes quantidades em Brasil e no mundo intensamente estudada na América Latina, por fazer parte dos hábitos alimentares da população em função de ser considerado uma boa fonte de proteína, minerais, vitaminas e fibras (Pino e Lajoto, 2003), e ainda apresentam menor custo de produção em relação à proteína animal (QUINTANA et al., 2002).

O feijão possui uma das mais amplas variações de hábitos de crescimento, características de sementes (tamanho, forma e cor), tempos de maturação e adaptação. É cultivado em boa parte do planeta com aproximadamente 23 milhões de hectares de cultivo. Na região Centro-Sul do Brasil concentra maior volume da produção de feijão pois, considerando a safra 2015/16, este volume representa aproximadamente 53,04% da produção total, o que corresponde à aproximadamente 3.334,6 ton. Os principais estados produtores são o Paraná, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e São Paulo (CONAB, 2016).

Entretanto, durante o beneficiamento do feijão, surgem os grãos partidos e quebrados, classificados como bandinha de feijão, o que constitui um problema econômico para a indústria, uma vez que esses grãos quebrados possuem pouca aceitação para o consumo humano e reduzido valor comercial.

Segundo Almeida et al. (2004), o montante do coproduto associado é de 3% a 12% de todo feijão beneficiado, variando de acordo com a eficiência de colheita e beneficiamento. Desta forma, apresentam-se como alternativa

promissora à redução dos custos com alimentação animal, mas a utilização racional desses produtos depende, entre outros fatores, de suas características nutritivas (PEREIRA, 2000).

Os grãos possuem de 20 a 35% de proteína, dependendo dos tratamentos culturais e do cultivar. O teor protéico e a produção são altos, porém, o valor nutritivo da proteína não é satisfatório pois apresentar teores baixos de alguns aminoácidos essenciais limitantes. Esses aminoácidos são os sulfurados, a metionina, a cisteína e a cistina, além do triptofano (TOLEDO E BRAZACA, 2008). Segundo Gepts, (2001), as proteínas do feijão são ricas em lisina, sendo um bom complemento para proteínas de cereais, como arroz ou milho, que são deficientes neste aminoácido.

3.3 Fatores antinutricionais do feijão

O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos, presentes em uma extensa variedade de alimentos de origem vegetal, são capazes de diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de causarem irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo na seletividade e eficiência dos processos biológicos do organismo (BENEVIDES et al., 2011).

Segundo Oliveira et al. (2000), a presença dos fatores antinutricionais como os fitatos, inibidores de protease, lectinas e polifenóis (taninos), dentre outros, podem reduzir a digestibilidade dos grãos de feijão e de outras leguminosas, reduzindo o aproveitamento dos nutrientes da dieta, além de causar distúrbios à saúde quando ingeridos em altas quantidades e conseqüentemente afetar o desempenho animal.

Os inibidores de enzimas digestivas são encontrados com bastante frequência nos alimentos. Entre os mais conhecidos estão os inibidores de enzimas proteolíticas (tripsina, quimiotripsina) e amilolítica (α -amilase), sendo estas produzidas pelo pâncreas (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

Os tipos de inibidores de proteases mais amplamente distribuídos são os inibidores de Kunitz (Inibidor de Tripsina) e Bowman-Birk (inibidor de tripsina e quimotripsina), classificados em duas principais categorias, respectivamente. Os

de alto peso molecular (aproximadamente 20.000Da), que apresentam duas pontes dissulfeto, 181 resíduos de aminoácidos e possuem especificidade primária para tripsina; e os de peso molecular entre 6.000 e 10.000Da, com alta proporção de ligações dissulfeto, 71 resíduos de aminoácidos e capacidade para inibir tripsina e quimiotripsina em sítios de ligações independentes (Brune et al. 2010), e são considerados os mais importantes para os suínos, pois interferem no trato gastro intestinal causando uma redução na digestibilidade protéica da dieta e queda no crescimento (MONTEIRO et al., 2004).

Stech et al. (2010), relataram que os inibidores de tripsina das leguminosas impedem a completa utilização de suas proteínas pelo organismo dos monogástricos, paralisando a ação da tripsina, responsável pela digestão das proteínas. A presença destes no trato intestinal de monogástricos leva ao aumento na produção de enzimas pelo pâncreas e a hipertrofia deste órgão (CARVALHO et al., 2002).

Os taninos, polímeros de compostos fenólicos resultantes do metabolismo secundário dos vegetais, também são considerados potentes inibidores de enzimas devido a sua complexação com proteínas enzimáticas. Segundo Lajoto et al. (1996), os taninos do feijão possuem a capacidade de formar complexos com a globulina G₁, basicamente por meio de interações hidrofóbicas, reduzindo a digestibilidade dessa fração, mesmo em concentrações elevadas de proteases.

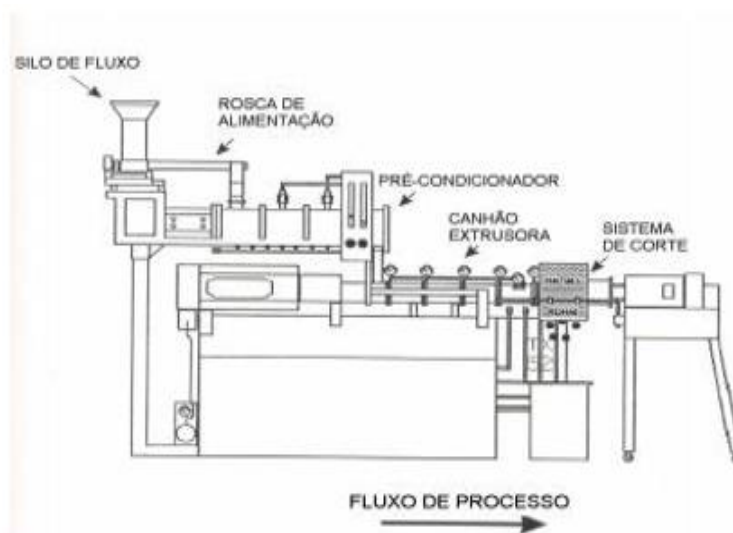
Os fitatos são compostos naturais, formados durante o processo de maturação das sementes (BONETT et al., 2007). São considerados sais do ácido fítico (mioinositol do ácido hexafosfórico (C₆H₁₈O₂₄P₆)). Nutricionalmente, a presença de fitato é desfavorável, pois ocasiona a formação de complexos insolúveis com minerais e proteínas, reduzindo a biodisponibilidade desses nutrientes (TORREZAN et al., 2010).

Contudo, o feijão e a maioria de leguminosas requerem tratamento térmico antes do seu consumo, a fim de reduzir ou inativar os fatores antinutricionais como inibidores das enzimas proteolíticas, amilolíticas, lectinas e também melhorar a digestibilidade da proteína e a sua palatabilidade (FROTA et al., 2008).

3.5 Extrusão e inativação dos fatores antinutricionais

O sistema de extrusão é constituído de um silo de alimentação, seguido por um condicionador, extrusor, matriz, conjunto de facas e secador (Figura 1).

Figura 1- Modelo do equipamento da extrusão



Fonte: DUARTE, 2005

Cada um destes componentes tem uma função específica e importante para as características finais do produto. O silo de alimentação regula a quantidade de produto a entrar no sistema, transportando a massa para o condicionador, que recebe energia na forma de calor (energia térmica), iniciando assim o cozimento (PONCIANO NETO, 2015).

No canhão da extrusora, a massa pode receber uma umidade adicional em forma de vapor e água, aliada ao aumento da pressão (34 a 37 atm), transformando-se em uma massa amorfa. Nesta fase, a principal fonte de energia transferida para a massa ocorre na forma de energia mecânica, ocasionada pelo atrito entre a massa, ou as roscas, e a camisa do canhão da extrusora (CARCIOFI&SÁ, 2014).

Na saída do canhão da extrusora, a massa é pressionada contra uma matriz contendo um pequeno orifício. Em contato com a atmosfera, a massa se

expande, formando bolsões de ar em seu interior e posteriormente é cortada pelo conjunto de facas, adquirindo assim a forma da matriz (DUARTE, 2005).

A extrusão termoplástica representa uma das inovações fundamentais em tecnologia de processamento de alimentos. Consiste em um processo contínuo, no qual utiliza de altas temperaturas em curto tempo, e combina umidade, pressão, temperatura, atrito mecânico e aquecimento (CHEN et al., 2011)

O processo de extrusão, proporciona um efeito favorável na destruição de microrganismos e dos fatores antinutricionais (ARLJA et al. 2006), pois combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem (NASCIMENTO et al., 2014).

Contudo, a qualidade dos produtos extrusados são influenciados, principalmente, pelas características da matéria prima, tais como o tipo de material, teor de umidade, estado físico, composição química (teores e tipos de amidos, proteínas, gorduras e açúcares) e pH do material e pelas condições operacionais do extrusor, nos quais destacam-se a temperatura, pressão, diâmetro da matriz e taxa de cisalhamento, sendo esta última influenciada pelo desenho interno do extrusor e pelo seu comprimento, além da geometria das roscas (ZHANG et al., 2014).

Neste sentido, o processamento industrial de alimentos promove o prolongamento da sua vida útil, tornando-os mais atraentes ao paladar, porém, induz mudanças e interações entre os constituintes de alimentos. Dessa forma, proporciona resultados positivos com a destruição de inibidores ou formação de complexos indesejáveis entre os componentes dos alimentos (CORREIA et al., 2008).

A extrusão termoplástica consiste em um tratamento térmico a uma temperatura elevada durante curto tempo, o qual converte o material sólido em fluído pela aplicação de calor e trabalho mecânico, através de uma matriz (BORBA, 2005). Neste método, os materiais amiláceos e/ou proteínicos umedecidos, expansíveis, são plastificados e cozidos, pela combinação de umidade, pressão, temperatura e cisalhamento mecânico (ATHAR et al., 2006).

O cozimento do amido é definido como gelatinização, entretanto, as alterações na estrutura do amido modificam as suas propriedades funcionais e fisiológicas (PEDRON, 2010; CORRÊA, 2012). Os grânulos aquecidos em água incham ligeiramente de forma irreversível, proporcionando a perda da

organização estrutural, devido à ruptura das pontes de hidrogênio estabilizadoras da estrutura cristalina interna do grânulo, caracterizando a gelatinização (DENARDIN e SILVA, 2009).

Com isso, a digestibilidade dos carboidratos aumenta com o tratamento térmico, por que a amilose e a amilopectina, consideradas polímeros constituintes do amido que estão organizadas em grânulos dificultam a ação das amilases, desta forma, o calor desfaz os grânulos e deixa-os expostos para que haja uma maior ação enzimática (FREITAS et al., 2005).

Pesquisas realizadas por Anton et al. (2009) têm mostrado que a extrusão termoplástica inativa os fatores antinutricionais presentes no feijão, tais como inibidores de proteases, taninos e fitatos. Além disso, é considerada efetiva para aumentar a digestibilidade das proteínas e do amido de extrusados à base de feijão (ALONSO et al., 2000).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, na UNEPE de Suínos - Unidade de ensino e pesquisa em suínos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Dois Vizinhos, (25°41'38" S, e 53°05'55" W, a 519 metros de altitude), um de digestibilidade total (Experimento I) e outro de desempenho (Experimento II), utilizando leitões na fase inicial (15 a 30 kg).

Os procedimentos com os animais foram avaliados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UTFPR), protocolo nº 2016-030, seguindo as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Inicialmente foram feitas análises laboratoriais, para determinação da composição bromatológica dos alimentos que foram incluídos nas dietas dos animais no Laboratório de Bromatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/DV), segundo os procedimentos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002).

O feijão partido foi processado na unidade de extrusão de Maringá, utilizando uma extrusora INBRAMAC®, modelo IMBRA 120, a qual possibilitou uma temperatura da saída do condicionador (medido com termômetro de infravermelho), entre 75-80°C, da camisa da extrusora de aproximadamente 60°C (temperatura interna, entre 110 a 130°C). O fluxo de água foi de 200 ml/min (12 l/h) e a produtividade média obtida foi de 80 kg/h, após processamento o feijão partido extrusado foi moído em moinho com peneira de diâmetro de 1,2 mm.

A análise da atividade urética e a solubilidade da proteína em KOH foram determinadas segundo a metodologia da ANFAR, (1992). A análise do teor de tripsina nas amostras de feijão partido extrusado e feijão partido *in natura* foram realizadas no centro de ciência e qualidade dos alimentos, na cidade de Campinas – SP. O aminograma do feijão partido (Tabela 3), foi realizado pela empresa Evonik Industries®.

O índice de absorção em água foi determinado segundo metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Em que 1,25 gramas (g) de amostra foram acondicionados em tubos de ensaio com tampa, adicionados 15mL de água e, após agitar por 30 minutos, a solução foi transferida para um tubo de centrífuga

e centrifugada a 3000 rpm durante 10 minutos. O líquido sobrenadante foi recolhido cuidadosamente em placa de Petri e evaporado em banho-maria a 100°C, e, logo após, em estufa a 105 °C por três horas. O gel remanescente no tubo da centrífuga foi pesado. Determinou-se o índice de absorção de água (IAA), expresso em g de gel por g de matéria seca, a partir do resíduo da evaporação do sobrenadante segundo a equação.

O IAA foi calculado conforme a seguinte equação:

$$IAA = \frac{PRC}{PA - PRE}$$

PRC = Peso de resíduo de centrifugação (g);

PA = Peso da amostra (base seca);

PRE = Peso de resíduo de evaporação (g).

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Utilizou-se 20 leitões machos castrados de linhagem comercial com 22,34±1,32 kg de peso vivo médio inicial, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. A média da temperatura máxima registrada no mês de novembro durante o período experimental foi de 27,6°C e a mínima média de 18,7 °C. A média da umidade relativa do ar máxima foi de 67% e a mínima de 56%.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), e mantidos em sala de metabolismo. A temperatura da sala de metabolismo foi controlada através do manejo de cortinas. O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação às gaiolas de metabolismo e as rações e cinco dias de coleta total de fezes e urina.

Os tratamentos consistiram de ração referência e quatro níveis de substituição da RR pelo feijão partido extrusado. A ração referência (Tabela 1), à base de milho e farelo de soja foi formulada para atender as exigências nutricionais de suínos de 15 a 30 kg de peso vivo conforme a recomendação de

Rostagno et al., (2011). O feijão partido extrusado substituiu a ração referência em 7,5; 15,0; 22,5 e 30,0% totalizando cinco tratamentos.

Tabela 1- Composição centesimal, energética e química da ração referência para suínos na fase inicial (15-30 kg).

Ingredientes	%
Milho	63,77
Farelo de Soja	27,77
Fosfato bicálcico	1,412
Óleo de soja	0,974
Calcário	0,815
Supl.vitamínico mineral ¹	0,500
Sal comum	0,446
L- Lisina	0,135
L- Treonina	0,079
DI- Metionina	0,069
BHT	0,020
Valores calculados ²	
EM suínos (Kcal/Kg)	3.230
Proteína Bruta (%)	18,13
Lisina Total (%)	1,037
Met + Cist Total (%)	0,648
Treonina Total (%)	0,790
Fosforo disponível (%)	0,363
Cálcio (%)	0,768
Sódio (%)	0,200

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial - Conteúdo por kg de ração: vit. A (min) - 1.000.000 UI; vit. D3 (min) - 150.000 UI; vit. E (min) - 3.000 UI; vit. K3 (min) - 750,0 mg; vit. B1 (min) - 150,0 mg; vit. B2 (min) - 875,0 mg; vit. B6 (min) - 250,0 mg; vit. B12 (min) - 4.500 mg; Nianicina (min) - 5.000 mg; Pantotenato de Cálcio (min) - 2.500,0 mg; Biotina (min) - 7,50 mg; ácido fólico (min) - 250,0 mg; Cloreto de colina (min) - 40,0 g; Ferro (min) 0,750 mg, Iodo (min) 250 mg; Cobre (min) 3.750 mg; Manganês (min) 6.250 mg; Zinco (min) 18,75 g; Selênio (min) 75 mg. ²Valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

Os animais foram pesados no início do período de coleta para estabelecer o consumo de ração, com base no peso metabólico ($P^{0,75}$) o consumo médio no período de adaptação. Para determinar o início e o final do período de coleta, foi utilizado 2% de óxido de ferro (Fe_2O_3) na ração como marcador fecal.

O fornecimento das dietas aos animais e as coletas de fezes e urina foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Sakomura & Rostagno, (2007). A oferta de ração foi em duas vezes ao dia, às 08h e às 16h. As refeições foram divididas em 45% do total na manhã e 55% à tarde, esta proporção foi definida com base nos consumos da manhã e da tarde, durante o período de

adaptação. Após o consumo da ração, foram fornecidos três ml de água/g de ração.

A coleta de urina foi realizada uma vez ao dia, às 08h. A urina era filtrada e acondicionada em baldes plásticos contendo 20 ml de HCl 1:1, para evitar a proliferação bacteriana e perdas por volatilização. Diariamente uma sub amostra de 20% do volume total de urina excretada foi armazenada em recipientes adequados, para posterior análise de energia bruta.

A coleta total de fezes ocorreu uma vez ao dia, no período da manhã. As fezes foram pesadas, identificadas e mantidas em embalagem plástica e congeladas (-5°C) até o final da coleta. Posteriormente, as fezes foram homogeneizadas, amostradas (400 g) e permaneceram por 72 horas secando em estufa de ventilação forçada (55°C). Após, utilizando moinho do tipo faca com peneira de 1 mm as fezes foram moídas para análises posteriores.

A energia bruta de cada amostra foi determinada por meio de calorímetro adiabático (Parr® Instrument Co. AC6200), segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). As análises de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, foram realizadas conforme as metodologias propostas por Silva & Queiroz (2002).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), matéria orgânica (CDMO) e energia bruta (CDEB) e coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB), foram calculados de acordo com o proposto por Matterson et al. (1965). Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009) da ED e EM ingerida (kcal/kg) associada ao consumo do FPE (kg).

Experimento II –Desempenho de leitões na Fase Inicial (15-30 kg)

Foram utilizados 60 leitões de linhagem comercial de alto potencial genético, metade machos castrados e metade fêmeas, com 14,05±0,64kg de peso médio inicial. O experimento foi realizado de fevereiro a março de 2017.

Os tratamentos consistiram de dez rações (Tabela 2) com níveis crescentes de inclusão de feijão partido extrusado (0; 7,5; 15; 22,5 e 30 %), com seis repetições, dois leitões por unidade experimental (dois machos ou duas

fêmeas), distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

As rações à base de milho e farelo de soja foram formuladas para atender as exigências nutricionais de suínos de 15 a 30 kg de peso vivo conforme a recomendação de Rostagno et al., (2011). Para a formulação das rações foram utilizados a composição química, aminoacídica e valor de energia metabolizável do feijão partido extrusado, determinado a partir do ensaio de digestibilidade

Ingredientes	Machos Castrados					Fêmeas				
	Níveis de Inclusão(%)					Níveis de Inclusão(%)				
	0%	7,5%	15%	22,5%	30%	0%	7,5%	15%	22,5%	30%
Milho	64,030	58,283	52,537	46,790	41,043	63,069	57,322	52,537	45,829	40,082
Farelo de Soja	31,267	29,245	27,222	25,200	23,178	32,241	30,218	27,222	26,174	24,151
Feijão Partido Extrusado	0,0	7,500	15,00	22,500	30,00	0,0	7,500	15,00	22,500	30,00
Fosfato bicálcico	1,466	1,445	1,424	1,403	1,383	1,468	1,447	1,424	1,406	1,385
Óleo de soja	0,994	1,324	1,654	1,985	2,315	1,057	1,387	1,654	2,048	2,378
Calcário	0,832	0,846	0,860	0,873	0,887	0,839	0,852	0,860	0,880	0,893
Supl. vitamínico e mineral ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Promotor de crescimento ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal comum	0,454	0,455	0,456	0,456	0,457	0,454	0,455	0,456	0,456	0,457
L- Lisina	0,337	0,288	0,240	0,191	0,142	0,290	0,241	0,240	0,144	0,956
L- Treonina	0,084	0,069	0,053	0,038	0,022	0,062	0,047	0,053	0,016	0,005
DI- Metionina	0,072	0,081	0,091	0,100	0,109	0,057	0,066	0,091	0,085	0,094
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Valores calculados ³										
EM suínos (Kcal/Kg)	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230
Fósforo disponível (%)	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,382	0,382	0,380	0,382	0,382
Lisina Total (%)	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,228	1,228	1,242	1,228	1,228
Met + Cist Total (%)	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,676	0,676	0,683	0,676	0,676
Proteína Bruta (%)	19,240	19,240	19,24	19,24	19,24	19,500	19,50	19,24	19,50	19,50
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Treonina Total (%)	0,832	0,830	0,832	0,823	0,832	0,830	0,823	0,832	0,823	0,832

¹Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial - Conteúdo por kg de ração: vit. A (min) - 1.000.000 UI; vit. D3 (min) - 150.000 UI; vit. E (min) - 3.000 UI; vit. K3 (min) - 750,0 mg; vit. B1 (min) - 150,0 mg; vit. B2 (min) - 875,0 mg; vit. B6 (min) - 250,0 mg; vit. B12 (min) - 4.500 mg; Nianicina (min) - 5.000 mg; Pantotenato de Cálcio (min) - 2.500,0 mg; Biotina (min) - 7,50 mg; ácido fólico (min) - 250,0 mg; Cloreto de colina (min) - 40,0 g; Ferro (min) - 0,750 mg, Iodo (min) - 250 mg; Cobre (min) - 3.750 mg; Manganês (min) - 6.250 mg; Zinco (min) - 18,75 g; Selênio (min) - 75 mg. ²leucomicina (30%); ³valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

*RCM = Ração controle macho; *RCF = Ração controle fêmea; *RTF = Ração teste macho; *RTF = Ração teste fêmea.

Os leitões foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas barro, contendo 30 baias com dois leitões/baia, dois machos ou duas fêmeas. As baias eram de piso compacto, com área de 1,08m², possuindo divisórias de grades de ferro entre uma e outra, para facilitar o escoamento dos dejetos. Os comedouros eram frontais e os bebedouros tipo “chupetas” na parte posterior. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, quando foi contabilizado o consumo total de ração. Com estes dados calculou-se o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

No final do experimento foram colhidas amostras de sangue do animal que apresentou maior peso em cada unidade experimental. Para a determinação da ureia plasmática, os animais permaneceram em jejum por quatro horas, receberam alimentação por uma hora e novamente entraram em jejum de uma hora. Após esse período amostras de sangue foram colhidas na veia cava cranial e transferidas em tubos de ensaio com heparina.

Em sequência da colheita, as amostras foram centrifugadas (3.000 rpm) por 15 minutos para obtenção do plasma. Uma quantidade de 3 ml de plasma foi acondicionado em tubos do tipo “eppendorf” com a devida identificação. Na determinação da ureia foi utilizado o kit de Ureia da Gold Analisa Diagnóstica Ltda, por metodologia cinética-UV. As leituras das absorbâncias foram realizadas em um espectrofotômetro UV/Vis. O fator de correção 0,467 foi usado para calcular o valor da ureia plasmática.

As variáveis de desempenho foram submetidas à análise de variância. Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão do FPE foram desdobrados em polinômios ortogonais. O peso inicial foi usado como covariável na análise estatística. Os dados de desempenho e o nível de ureia plasmática, foram avaliados pelo programa de análise estatística SAEG, versão 7.1 (UFV, 1997).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Composição química e energética do FP e Ensaio de Digestibilidade

A composição química do FP avaliado (Tabela 3), foi semelhante a observada por Ponciano Neto (2015), que determinou valores de 97,07% de MO; 22% de PB; 1,54% de EE; 2,91 % de MM; 0,10 % de Ca; 0,15 % de P e 3.844,55 Kcal EB/Kg. Mesquita et al. (2007), ao avaliar a composição química do feijão (*phaseolus vulgaris* L.), obtiveram teores de proteína bruta semelhantes aos obtidos neste estudo, quando transformados e comparados a matéria natural, que variaram de 22,34 a 36,28 g/100 g MS. Os teores de extrato etéreo variaram de 0,53 a 2,55 g/100 g MS e os de matéria mineral de 2,97 a 4,87 g/100 g MS.

Tabela 2- Composição química, energética e aminoacídica do feijão partido na matéria natural.

Itens	Feijão partido (%)
Matéria seca (%)	87,86
Matéria Orgânica (%)	95,76
Proteína Bruta (%)	21,21
Extrato Etéreo (%)	1,77
Matéria Mineral (%)	4,24
Ca (%)	0,10
P (%)	0,56
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3.912
Aminoácidos	
Lisina	1,407
Treonina	0,927
Metionina	0,242
Cistina	0,240
Metionina + Cistina	0,482
Alanina	0,868
Arginina	1,180
Ácido Aspártico	2,399
Ácido Glutâmico	2,399
Glicina	0,824
Histidina	0,591
Leucina	1,613
Serina	1,211
Valina	1,039
Prolina	0,757

Segundo a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (Taco, 2011), os cultivares de maior relevância no país são o feijão carioca, preto e roxo. Estes

cultivares apresentam composição química próxima à do feijão partido, com média de 21,0% de PB; 2,1% de EE; 4,0% de FB; 3,6% de MM. As diferenças observadas na composição química e valor energético do feijão (*phaseolus vulgaris* L.) está, possivelmente, relacionada a diversos fatores, entre eles a variabilidade genética dos cultivares, a localização da área de implantação da cultura, condições de plantio, fertilidade de solo, fatores ambientais e período de armazenamento do alimento (TOLEDO et al., 2009).

O teor de energia bruta do FP obtido no presente estudo foi próximo ao encontrado por Ponciano Neto (2015), de 3.844,55 Kcal/Kg, todavia, quando comparado ao farelo de soja, com o valor de 4.148 Kcal/kg, apresentado nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos por Rostagno et al. (2017), pode ser considerado inferior. Esse maior valor pode ser atribuído ao maior teor protéico do farelo de soja, o que contribui com uma porcentagem representativa da energia da dieta (OST et al., 2007).

Entretanto, a proximidade do valor energético do FP com o farelo de soja, possivelmente está relacionado ao maior teor de amido presente nas variedades de feijão. De acordo com Oliveira et al. (2010), o amido está presente em quantidades muito baixas na soja. Rostagno et al. (2017), apresentou valores de 4,74% no farelo de soja. Ponciano Neto (2015), observou teor médio de 26,95 % de amido para o feijão. Os seus grânulos de amido contêm quantidades elevadas de amilose (24 a 65 %), capaz de apresentar retrogradação, enquanto a maioria dos outros alimentos, fontes de carboidratos, não contém mais de 25 a 30 % (LAJOLO et al., 1996).

O teor de aminoácidos do feijão partido (Tabela 3) se encontram bastante próximos aos determinados para as 13 variedades de feijão partido por Ponciano Neto (2015), onde continham 1,56 % de lisina, 0,90 % treonina e 0,34 % de metionina. A composição aminoacídica apresenta valores semelhantes aos referidos para o feijão partido avaliado pelo mesmo autor.

As relações de lisina/PB e treonina/PB do feijão de 6,96 e 4,58% respectivamente, são superiores às relações do farelo de soja de 6,17 e 3,92%, demonstrando superioridade do feijão ao farelo de soja para os níveis de lisina e treonina. Apresenta inferioridade quanto à metionina (1,21 x 1,34 %), quando comparados, na mesma base, com o farelo de soja das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2017). Corroborando com este trabalho, Ribeiro et al. (2007),

encontram valores médios semelhantes de 6,46% de lisina; 3,85% de treonina e de 0,90% de metionina ao avaliar a composição de aminoácidos de diversas cultivares de feijão.

Na Tabela 4 são apresentados os coeficientes de digestibilidade da MS, EB, MO e da PB e de metabolização da EB do feijão partido extrusado. A análise de regressão não detectou ($P>0,05$) qualquer diferença com os níveis de inclusão do FPE nesses coeficientes.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade do feijão partido extrusado, para leitões na fase inicial (15-30 Kg de peso vivo).

Coeficientes de digestibilidade, (%)	Níveis de inclusão de FPE (%)				Méd±EP ¹	Valor de P	
	7,5	15	22,5	30		Lin ²	Quad ³
CD da Matéria seca	82,37	82,87	85,24	84,80	83,82±0,81	ns	ns
CD da Energia bruta	85,68	87,16	85,42	83,28	85,38±0,80	ns	ns
CM da Energia bruta	83,52	82,59	83,97	77,98	82,02±1,36	ns	ns
CD da Matéria orgânica	83,95	87,14	89,01	88,30	87,09±1,13	ns	ns
CD da Proteína bruta	79,30	72,54	75,07	63,08	69,95±4,92	ns	ns

¹Erro padrão; ²Linear; ³Quadrática; *Efeito linear ou quadrático dos níveis do FPE ($P<0,05$); ns = não significativo

Ao observar os coeficientes de digestibilidade (Tabela 4), é possível concluir que a inclusão do FPE, em até 30% na dieta, não alterou ($P>0,05$) os coeficientes de digestibilidade ou de metabolização da energia, possivelmente, os resultados, estão atribuídos ao fato do feijão apresentar em sua composição nutrientes em proporções semelhantes ao farelo de soja. Rostagno, et al. (2017), observaram valores de digestibilidade da MO para suínos de 83% para o farelo de soja, semelhante ao aqui encontrado, indicando um bom potencial de inclusão de feijão em dietas para suínos.

Para a determinação dos teores de Energia Digestível e Energia Metabolizável foram ajustadas as equações $Y = 3.151,2x - 70,785$ ($r^2 = 0,9538$) e $Y = 3.077,6 - 28,135$ ($r^2 = 0,9523$), respectivamente (Figura 1). Os valores obtidos de 3.151,2 kcal ED/kg e 3.077,6 kcal EM/kg são representados pelos coeficientes angulares das equações.

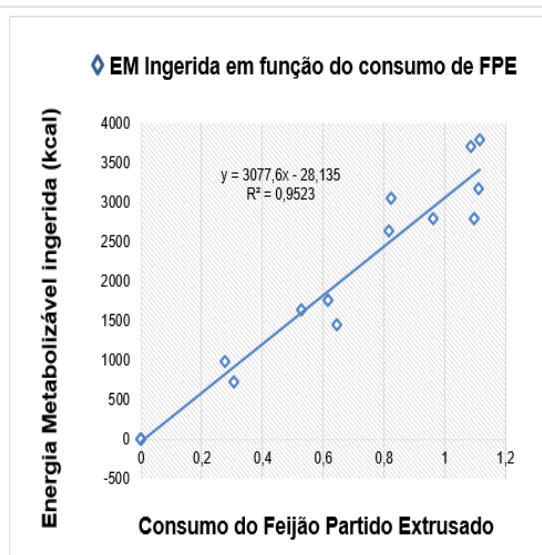


Figura 2. A

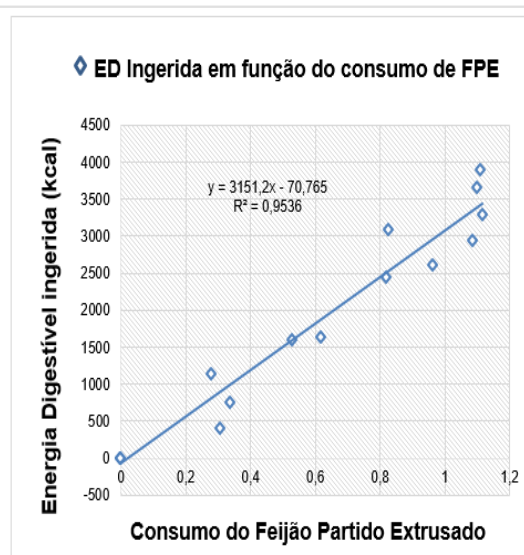


Figura 2. B

Figura 2 - Representação gráfica: a) Energia Metabolizável (EM); b) Energia Digestível (ED), do feijão partido extrusado (FPE), obtido a partir da ED e EM ingeridas associadas ao consumo do feijão partido extrusado.

Os valores de ED e EM obtidos para o FPE representam cerca de 92 e 97% do valor de ED e EM do farelo de soja (3.437 Kcal/kg e 3.179 kcal/kg), mostrado nas Tabelas Brasileira de aves e suínos (Rostagno et al.2017), podendo, portanto, ser considerado um alimento com bom valor energético para substituição parcial do farelo de soja nas rações de suínos.

Índice de Absorção em Água (IAA)

Durante o processo de extrusão, a matéria-prima passa por diversas transformações químicas e estruturais, de modo que o amido é um dos componentes que sofrem as maiores modificações. O índice de absorção de água (IAA) indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amido de uma determinada amostra submetida a um tratamento térmico (ANDERSON et al., 1969). Os resultados obtidos na análise de IAA do feijão extrusado e o feijão cru estão descritos na Tabela 5.

O IAA está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (ANDERSON et al., 1969). O FE e o FC apresentaram valores de 4,17; 2,86 (g.g⁻¹), respectivamente, mostrando efetividade do calor no processo de extrusão, uma vez que este aumenta com o aumento da

gelatinização durante o processamento, já que ao gelatinizar aumenta o número de hidroxilas livres para formar ligações de hidrogênio com a água.

Tabela 5 - Índices de Absorção em Água (IAA) do feijão partido cru e extrusado.

Alimento	IAA (g.g ⁻¹)
Feijão extrusado	4,17
Feijão cru	2,86

De acordo com Grossmann, (1986), o IAA varia de acordo com o grau de gelatinização e dextrinização sofridos pelo amido durante o processo de extrusão. Carvalho et al. (2012), em estudos realizados avaliando parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão, observou que os valores de IAA superiores aos encontrados para o FE e o FC, estes variaram de 5,37 a 7,47 (g.g⁻¹) nos diferentes ensaios de farinha pré-gelatinizada de arroz e feijão.

Ao verificar as propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados, Moura et al. (2011) observaram valores superiores de IAA foram de 6,18 a 7,62 (g/g). Contudo, essa diferença entre os valores obtidos nos trabalhos observados seja, possivelmente, em função do cultivar e das misturas de outros ingredientes nas farinhas de feijão e o método de processamento.

Desempenho de leitões de (15 a 30 kg) alimentados com FPE

A análise de regressão (Tabela 6), considerando a ração controle, sem adição de feijão, apresentou redução linear ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão do feijão no PF, GPD e CRMD. Contudo, a análise de regressão, excluindo a ração controle, não foi significativa ($P > 0,05$), mostrando, portanto, diferenças somente da ração controle com qualquer um dos níveis avaliados. A CA não foi afetada ($P > 0,05$) pela inclusão dos níveis crescentes do feijão extrusado.

Tabela 6 - Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).

Itens	Níveis de inclusão de FPE(%)					Méd±EP ¹	Valores de P	
	0	7,5%	15%	22,5%	30%		Lin ²	Qua ³
PI	13,83	13,85	13,82	13,83	13,82	13,83± 0,073	-	-
PF	31,25	30,15	29,60	29,10	29,20	29,73±0,319	*	ns
GPD	0,661	0,619	0,598	0,540	0,582	0,602±0,011	*	ns
CA	1,880	1,930	2,041	2,032	2,083	1,989±0,027	ns	ns
CRMD	1,273	1,190	1,215	1,090	1,200	1,197±0,014	*	ns

¹Erro padrão; ²Linear; ³Quadrática; *Efeito linear dos níveis do FPE ($P < 0,05$); ns= não significativo

A redução no desempenho dos animais, nos tratamentos contendo FPE, pode estar relacionado com a possível presença de fatores antinutricionais no feijão, os quais podem ser definidos como compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal (BENEVIDES et al. 2011).

As leguminosas, como a soja e o feijão, são ricas nestes compostos, destacando os taninos, fitatos, polissacarídeos não-amiláceos, inibidores de proteases e hemaglutininas (Lajoto et al. 1996), que quando ingeridos junto à alimentos não processados ou processados de forma incorreta, interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes, como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de poder causar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal, interferindo assim, na seletividade e eficiência dos processos biológicos (SANTOS, 2006).

O pior desempenho pode estar associado com a redução linear ($P < 0,05$) do CRMD, em função do aumento dos níveis de inclusão de FPE, possivelmente, devido à pior palatabilidade deste alimento, associado à presença dos fatores antinutricionais. A forma física e o tipo de processamento da ração interferem tanto na aceitabilidade quanto na palatabilidade dos alimentos (COSTA et al., 2006).

A análise de inibidores da tripsina do feijão (Tabela 7), mostrou sensível redução do nível destes com o tratamento térmico, contudo, a temperatura e umidade da extrusora não foram eficientes o suficiente para a inativação da totalidade de inibidores presentes.

Tabela 7- Teores de inibidores de tripsina do Feijão partido extrusado e Feijão in natura

Determinação	Valores	
	Feijão <i>In Natura</i>	Feijão extrusado
Inibidor de tripsina UTI/mg	4,95	0,72

Além dos inibidores de tripsina, outros fatores, tais como hemaglutininas (Ramírez-Cárdenasi et al. 2008), possuem a ação de redução da disponibilidade dos aminoácidos no trato gastrointestinal (Benevides et al. 2011) e causam alterações metabólicas do pâncreas, como o aumento da secreção enzimática, com conseqüente hipertrofia e hiperplasia do órgão (LEITE et al. 2012). Nunes et al. (2001), relataram que a redução do peso corporal pode ocorrer em virtude do desbalanceamento aminoacídico, visto que ocorre perda de enzimas digestivas secretadas pelo pâncreas como a quimotripsina e tripsina, ricas em aminoácidos sulfurados.

Contudo, estes fatores são termolábeis e podem ser desnaturados durante a extrusão, processo que alia altas temperaturas e pressão em conjunto com umidade (ANTON et al., 2009). Porém, o tratamento térmico não foi suficiente para inativação completa desses inibidores. Tem sido demonstrado que pode ser encontrada atividade residual de 10 a 15% de inibição de proteases em produtos de soja, mesmo após tratamento térmico (BRANDON et al., 1991).

Batista et al. (2010) avaliaram a digestibilidade *in vitro* de proteínas de farinha de feijão extrusada e observaram que os valores da digestibilidade das

proteínas da farinha extrusada foram significativamente mais elevados do que os da farinha não extrusada, contudo, o tratamento térmico durante o processo de extrusão proporcionou somente inativação parcial dos inibidores de tripsina, mostrando valores de inibidor de tripsina de, 4,64 e 4,61 UIT.mg⁻¹ para os feijões BRS Pontal (carioca) e BRS Grafite (preto). Entretanto, quando moídos e extrusados o inibidor de tripsina reduziu sua atividade, obtendo valores de 1,36 e 1,41 UIT. mg⁻¹.

Segundo Ponciano Neto, (2015), o processo de extrusão de rações para gatos com níveis crescentes de feijão partido houve redução na concentração dos fatores antinutricionais, correspondendo à redução de 87,60±8,37% dos inibidores de tripsina .

A presença de taninos em alimentos também pode provocar outros efeitos adversos, como reações de escurecimento enzimático, provocando alterações na coloração dos alimentos, além de diminuição da palatabilidade devido à sensação de adstringência, causada pela formação de complexos entre os taninos e as glicoproteínas salivares (Duarte, 2005).

Magalhães et al. (2008), com o objetivo de substituir o farelo de soja em até 39% por resíduo proveniente do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação, observaram redução linear no consumo, produção de leite e sólidos totais com o aumento da inclusão de feijão, fato atribuído à presença de fatores antinutricionais e baixa palatabilidade do ingrediente teste. Deste modo, esse estudo evidencia a importância do tratamento térmico prévio para utilização na alimentação animal.

A análise da solubilidade da proteína em KOH 0,2%, (Tabela 8), avalia o grau de processamento e indica o percentual de proteína disponível para absorção pelo animal. O FPE apresentou 68% de solubilização da proteína em KOH 0,02%.

Segundo Lima et al.(2011), para a soja, valores abaixo de 75% demonstram superaquecimento, fato que diminui o valor nutricional do alimento pela formação da reação de Maillard, devido a desnaturação significativa da proteína, afetando diretamente a disponibilidade dos aminoácidos presentes principalmente nos grãos de soja. Mendes et al. (2004) relatam que a faixa de variação da solubilidade da proteína da soja que indica um processamento ideal é de 73 a 85%. Valores abaixo de 70% indicam superaquecimento e acima de 85%

relacionam-se à soja subprocessada. Os mesmos autores, em estudos realizado avaliando a solubilidade da proteína em KOH, para o farelo de soja e sojas processadas de diferentes formas, encontraram valores de solubilidade em KOH de 80,22% para farelo de soja e 73% para soja semi-integral extrusada, superiores ao obtidos na análise do FPE.

O índice da atividade ureática está baseado na liberação de amônia da ureia pela ação da enzima urease presente principalmente nos grãos de soja (LIMA et al., 2011). A análise do índice da atividade urética do FPE (Tabela 8), mostrou valores de 0,24 unidades de Δ pH, considerada dentro da faixa ideal recomendada pela ANFAR, (1992), a qual varia de 0,05 a 0,30 unidades de pH.

Em estudos realizados por Mendes et al. (2004), é possível verificar que a atividade urética para o farelo de soja e soja semi-integral extrusada foram de 0,03; 0,18 unidades de Δ pH, valores inferiores aos encontrados para o FPE.

Tabela 8 - Caracterização físico-química, após tratamento térmico do Feijão Extrusado.

Análise	Feijão Extrusado
Atividade Ureática (Δ pH)	0,24
Solubilidade proteica em KOH (%)	68

Os teores de uréia no plasma (Tabela 9) apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função dos níveis de inclusão do FPE, em que o menor nível de ureia plasmática mg/dl foi observado com o nível de 12,6% de inclusão de FPE na ração.

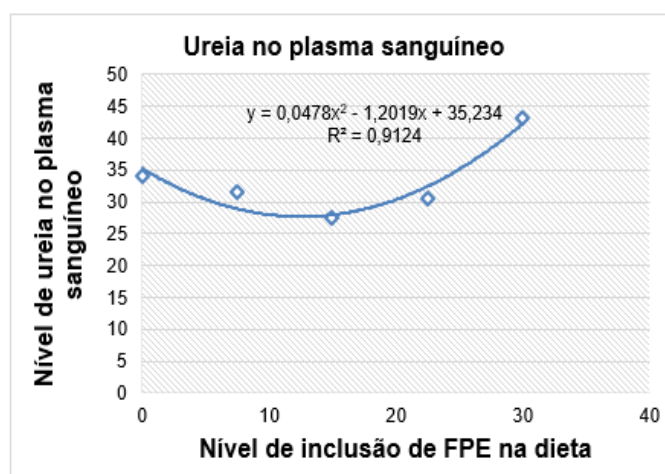
A concentração de uréia sanguínea tem sido empregada nos perfis metabólicos, como um indicador do metabolismo protéico, pois o metabolismo de proteínas libera amônia que é convertida em ureia pelo fígado (NEWMAN & PRICE, 1999).

Tabela 9 - Ureia plasmática (UREIA) de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).

Item	Níveis de inclusão de FPE(%)					Méd±EP ¹	Valores de P	
	0	7,5%	15%	22,5%	30%		Lin ²	Quad ³
UREIA mg/dl	34,05	31,50	27,36	30,63	43,22	33,615±2,146	ns	*

¹Erro padrão; ²Linear; ³Quadrática; *Efeito quadrático dos níveis do FPE (P<0,05); ns = não significativo

Figura 3- Ureia plasmática (UREIA) de suínos na fase inicial alimentados com rações contendo feijão partido extrusado (FPE).



Resultados semelhantes aos encontrados foram observados por Moreira et al. (2002), avaliaram o uso da levedura “spray dry” como suplemento protéico para leitões na fase de crescimento, mostrando que o teor de nitrogênio da ureia plasmática que apresentou melhor resultado foi de 23 mg/dl, evidenciando uma melhor mobilização dos aminoácidos da dieta.

Fraga et al. (2008), relataram que o teor de N na ureia plasmática é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelo suíno, assim, a concentração de ureia no sangue pode ser utilizada para avaliar a qualidade da proteína consumida. O aumento do N na ureia plasmática pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

Eficiência econômica com inclusão de níveis crescentes de feijão partido extrusado na dieta de suínos.

A relação custo/benefício, considerando o custo do kg do suíno produzido em cada tratamento de inclusão do FPE e do FS como fonte proteica, mostrou inviabilidade no uso de todos os níveis testados de FPE. É evidente que esta análise é dependente do preço do farelo de soja e do feijão partido no momento da aquisição dos mesmos. Neste trabalho, a viabilidade do uso do feijão partido extrusado existe quando o custo do kg de suíno produzido com feijão for menor ou igual a 85% do custo produzido com o uso do farelo de soja.

6. CONCLUSÃO

O feijão partido extrusado apresentou bom valor de energia metabolizável (3.078 Kcal/kg), mas sua inclusão na dieta promoveu prejuízo no desempenho dos leitões dos 15 a 30 kg de peso vivo.

REFERÊNCIAS

ABCS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUINOS. Mapeamento da Suinocultura Brasileira/ Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Brasília, DF, 316p.; 2016. Disponível em: http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Mapeamento_COMPLETO_bloq.pdf. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2016. Disponível em: http://abpabr.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf. Acesso em: 17 de outubro de 2017.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DPROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2015. Disponível em: <http://abpabr.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>. Acesso em: 17 de outubro de 2017.

ADEOLA, O.; ILELEJI, K. E. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles for broiler chickens by the regression method. *Poultry Science*, Champaign, v.88, p.579–585, 2009.

ALMEIDA, F. A. C.; FIGUEIREDO NETO, A., COSTA, R. F.; et al. Danos mecânicos em sementes de feijão Vigna, causados pelas operações na unidade de beneficiamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.254-259, 2004.

ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effect of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chem.*, v. 68, p. 159-195, 2000.

ANDERSON R. A.; CONWAY, V. F. P.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusioncooking. *Cereal Sci. Today*, v.14, n.1, p.4-7, 1969.

ANTON A.; GARY FULCHER R.; ARNTFIELD S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry*, v.133, p.1636-1639, 2009.

ARIJA, I.; CENTENO C.; VIVEROS, A, Nutritional evaluation of raw and extruded Kidney bean (*Phaseolus Vulgaris* L. var pinto) in chicken diets. *Poultry Scienc.* V.85, p. 635 – 644. 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE RAÇÕES – ANFAR. Métodos analíticos de controle de alimentos para uso animal. Ministério da Agricultura e reforma Agrária, 1992.

ATHAR, N.;HARDACRE, A.; TAYLOR, G.;CLARK, C.; HARDING, R.; MCLAUGHLIN J. Vitamin retention in extruded food products. Journal of Food Composition and Analysis. Anal., v.19, p.379-383, 2006.

BATISTA, KA; PRUDÊNCIO, SH; FERNANDES, KF Mudanças nas propriedades funcionais e fatores antinutricionais de feijão comum extrudado com faveleira (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food Science, v. 75, n. 3, p. C286-C290, 2010.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. Segurança alimentar e Nutricional. v.18. p. 67-79. 2011.

BOMFIM, M.A.D.; SILVA, M.M.C.; SANTOS, S.F.D. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. Revista Tecnológica Ciência e Agropecuária, v.3, p.15-26, 2009.

BONETT, L. P., BAUMGARTNER, M. S. T., KLEIN, A. C., SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.). Arquivos Ciência Saúde Unipar, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 235-246, 2007.

BRANDON, D. L., BATES, A. H., FRIEDMAN, M. Elisa analysis of soybean trypsin inhibitors in processed foods. In: Nutritional And Toxicological Consequences Of Foods Processing. FRIEDMAN, M. (Ed.). New York: Plenum Press, p.321. 1991.

BORBA, A. M. Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físicoquímicas e funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. 2005. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRITO, C, O.; ALBINO, L, F, T.; ROSTAGNO, H, S.; GOMES, P, C.; DIONIZIO, M, A.; CARVALHO, D, C, O. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. Revista Brasileira Zootecnia v.35, n.2, p.457-461, 2006.

BRUNE, M. F. S. S.; PINTO, M.O.; PELUZIO, M. C. G.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. B. Avaliação bioquímico-nutricional de uma linhagem de soja livre do inibidor de tripsina kunitz e de lectinas. Ciência Tecnologia de Alimentos. 30(3):657-63. 2010.

CARCIOFI, A. C.; SÁ, F. C. Extrusion processing conditions and food utilization by dogs and cats. In: VI Congresso Internacional e XII Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2014, Campinas, Anais. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014.

CARVALHO, A, V.; RIOS, A. D. O.; BASSINELLO, P. Efeito dos parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão. Brazilian Journal of Food Technology, v. 15, n. 4, p. 333-342, out/dez. 2012.

CHEN, F. L.; WEI, Y. M.; ZHANG, B. Chemical cross-linking and molecular aggregation of soybean protein during extrusion cooking at low and high moisture content. *LWT-Food Science and Technology*, v. 44, n. 4, p. 957-962, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_bol_etim_graos_janeiro_2016.pdf. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

CORRÊA, I, M. Avaliação nutricional de rações peletizadas contendo “farelo de batata diversa” e ureia. 2012. 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 2012.

CORREIA, L, F, M.; FARAONI, A, S.; SANTANA, H, M, P. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

COSTA, E. R.; SILVA, L. P. G.; SILVA, J, H. V.; CARVALHO, L. E.; CARVALHO, M. X. C.; Desempenho de leitões alimentados com diversas formas físicas da ração. *Ciência Animal Brasileira*, v. 7, n. 3, p. 241-247, jul/set. 2006.

DENARDIN, C, C.; SILVA, L, P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, v.39, n.3, mai-jun, 2009.

DUARTE, A. Avaliação nutricional de cereais extrusados para cães. 59p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 59 p. 2005.

FIALHO, E, T.; SILVA, H, O.; ZANGERONIMO, M, G.; AMARAL, N, O.; RODRIGUES, P, B.; CANTARELLI, V, S. Alimentos Alternativos para Suínos. UFLA/FAEPE, Lavras, MG, 232 p. 2009.

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

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, A. L.; FERNANDES, J. B. K. Efeito do Processamento da Soja Integral sobre a Energia Metabolizável e a Digestibilidade dos Aminoácidos para Aves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.

FROTA, K, M, G.; SOARES, R, A, M.; ARÊAS, J, A, G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.2, p.470-476, 2008.

GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; MARCOS JÚNIOR, M. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1742-1749, 2001.

GEPTS, P. *Phaseolus vulgaris* (Feijão). Em: BRENNER, S.; MILLER, JH (Ed.). Enciclopédia da genética. Cambridge: Academic Press, p. 1444-1445. 2001.

GROSSMANN, M. V. E. Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool. 1986. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

LAJOTO, F. M., M. I. GENOVESE, E. W. MENEZES, C. A. RAVA, J. F. STONE. Qualidade Nutricional. In: Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós. p.23-56.1996.

LEITE, P.R. de S. C.; MENDES, F.R.; PEREIRA, M.L.R.; LACERDA, M.J.R. Limitações da utilização da soja integral e farelo de soja na nutrição de frangos de corte. Enciclopédia Biosfera, v.8, p.1138-1157, 2012.

LIMA, M. R.; MORAIS, S. A. N.; COSTA, F. G. F.; PINHEIRO, S. G.; DANTAS, L. S.; CAVALCANTE, L E.; Atividade ureática. Revista Eletrônica Nutritime. Artigo 145 Volume 08. Número 05. p.1606-1611, 2011.

MAGALHÃES, A. L. R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A. C. Resíduo proveniente do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência alimentar. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 37, p. 529-537, 2008.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs, Connecticut University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, Research Report, v.7, n.1, p.11-14, 1965.

MENDES, W. S., et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, n.56, p.207-213, 2004.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. Ciência e Agrotecnologia. v. 31, n. 4, p. 1114-1121, jul/ago. 2007

MONTEIRO, M. R. P.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIRES, C. V.; MOREIRA, M. A. Qualidade proteica de linhagens de soja com ausência do inibidor de tripsina Kunitz e das isoenzimas lipoxinases. Revista de Nutrição, Campinas, v. 17, n. 2, abr./ jun. 2004.

MOREIRA, I. et al. Uso da levedura seca por “spray-dry” como fonte de proteína para suínos em crescimento e terminação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, p.962- 969, 2002.

MOURA, L. S. M.; Ascheri, J. L.; SILVA, C. C. O.; MORO, L. S. M.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.; Propriedades de absorção e solubilização de extrudados

de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados. IV Reunião de Biofortificação. Teresinha. Piauí. 2011.

NASCIMENTO, O. K.; AUGUSTA, I. M.; RODRIGUES, N. R.; BARBOSA JUNIOR, L. J.; BARBOSA, M. I. M. J. Características tecnológicas das farinhas pré-cozidas a partir do processo de extrusão termoplástica. Revista Acta Tecnológica. Vol. 9. nº 1. 37-47. 2014.

NEWMAN, D. J.; PRICE, C. P. Renal function and nitrogen metabolites. In: BURTIS, C. A.; ASHWOOD, E. R. Tietz textbook of clinical chemistry. 3 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, p.1204-1270, 1999.

NUNES, R.V.; BUTERI, C.B.; NUNES, C.G.V. ALBINO, L. F. T; ROSTAGNO, H. S. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, Campinas, SP. Anais. CBNA, p. 235 - 245, 2001.

OLIVEIRA, L. D.; CARVALHO PICINATO, M. A.; KAWAUCHI, I. M.; et al. Digestibility for dogs and cats of meat and bone meal processed at two different temperature and pressure levels. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, v.96, p. 1136-1146, 2012.

OST, P. R.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T.; BERTECHINI, A. G.; SILVA, H. O. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alguns alimentos protéicos determinados em galos cecotomizados e por equações de predição. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.36, n.6, p.1820-1828, 2007.

PEDRON, F, A. Composição e gelatinização do amido na resposta biológica do jundia (*Rhandia Quelen*). 2010. 111 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Rio Grande do Sul, 2010.

PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. Journal Animal Science, v.27, n.5, p.1303-1309, 1968.

PEREIRA, J.C. Vacas leiteiras – aspectos práticos da alimentação. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 198p. 2000.

PINO, V. H. Del LAJOLO, F. M. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus Vulgaris L.*) sobre la digestibilidad de la faseolina por dos sistemas multienzimático. Ciência Tecnologia de Alimentos. Campinas, 23(1): 49-53, jan-abr. 2003.

PONCIANO, NETO. Avaliação do feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) partido como ingrediente em alimentos extrusados para gatos. 2015. 76 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá. Paraná. 2015.

QUINTANA, H. C.; BRAVO, C. G.; NOVOA, J. D.; MAYTA, F. C. Evaluación de la calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de frijol. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, v.14, p. 22-27, 2002.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. *Ciência Tecnologia Alimentos*. V.28(1) p. 200-13.2008.

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELLUTI, A.; et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.42, p. 1393-1399, 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. 3.ed. Viçosa: UFV, p. 205. 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, p. 283.2007.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. *Ciência e Agrotecnica*. V.30 n. 2, p. 294-301. 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, p. 235. 2002.

STECH, M, R.; CARNEIRO, D, J.; CARVALHO, M, R, B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. v. 32, n. 3, p. 255-262, 2010.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ed. –Campinas: UNICAM, p. 161. 2011.

ZAMPAR TOLEDO, M., ROSSETI FONSECA, N., CÉSAR, M. L., PERES SORATTO, R., CAVARIANI, C., & COSTA CRUSCIOL, C. A. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 02, p. 124-133, 2009.

TOLEDO, T. C.; CANNIATTI-BRAZACA, F. S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. *Ciência Tecnologia de Alimentos*. Campinas. V. 28 n. 2, p. 355-360, abr.-jun. 2008.

TORREZAN R, FRAZIER RA, CRISTIANINI M. Efeito do tratamento sob alta pressão isostática sobre os teores de fitato e inibidor de tripsina de soja. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 28, n. 2, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Sistema de Análises de Estatísticas e Genéticas – SAEG. Versão 7.1. Viçosa: MG, 150p. 1997.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) referente ao protocolo nº 2016-030, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Dois Vizinhos
Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA



PROJETO DE PESQUISA / AULA PRÁTICA

Título:	Feijão partido extrusado na alimentação de leitões de 15 a 30 kg de peso vivo
Área Temática:	Produção animal
Pesquisador / Professor:	Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Instituição:	Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos
Financiamento:	Não consta
Versão:	03

PARECER CONSUBSTANCIADO DA CEUA	Protocolo nº 2016-030
<p>Apresentação do Projeto: O projeto de pesquisa intitulado "Feijão partido extrusado na alimentação de leitões de 15 a 30 kg de peso vivo" sob coordenação do Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan (UTFPR- Dois Vizinhos) têm como objetivo determinar o valor nutricional do farelo de feijão partido e os efeitos da inclusão de níveis crescentes nas rações sobre o desempenho de suínos na fase inicial (15-30 kg de peso vivo). A pesquisa será realizada em duas etapas: 1) Ensaio de Digestibilidade, serão utilizados 20 suínos machos castrados de linhagem comercial, com aproximadamente 22 kg de peso vivo inicial, alojados individualmente em gaiolas metabólicas, por 12 dias, sendo sete dias de adaptação e as rações e cinco dias de coleta total de fezes e urina, organizados por delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos serão realizados em quadruplicata, sendo os seguintes grupos: Ração Referência sem inclusão de farelo de feijão partido extrusado; Ração Referência (95%) + farelo de feijão partido extrusado (5%); Ração Referência (90%) + farelo de feijão partido extrusado (10%); Ração Referência (85%) + farelo de feijão partido extrusado (15%); Ração Referência (80%) + farelo de feijão partido extrusado (20%). As fezes e urina serão coletados todas as manhãs. 2) Experimento de desempenho, serão utilizados 60 suínos mestiços de linhagem comercial, peso inicial de 15 kg e final de 30 kg distribuídos por delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (igual a primeira parte), sendo seis repetições e a unidade experimental constituída por dois suínos, um macho e uma fêmea. Os suínos serão pesados no início e final do experimento, sendo que ao final do período serão colhidas amostras de sangue, para determinação do nitrogênio da ureia plasmática (NUP), de um animal de cada unidade experimental, o qual apresentar o peso mais próximo da média de cada tratamento. Os dados de desempenho serão submetidos a análise de variância e os efeitos dos níveis de inclusão serão desdobrados em polinômios ortogonais, com auxílio do software SAEG. O experimento será conduzido na Unidade de Ensino e Pesquisa (UNEPE) de metabolismo animal da UTFPR-DV.</p>	
<p>Objetivo: Determinar o valor nutricional do farelo de feijão partido e os efeitos da inclusão de níveis crescentes nas rações sobre o desempenho de suínos na fase inicial (15-30 kg de peso vivo), analisando a composição química, energética e a digestibilidade dos nutrientes do farelo de feijão partido extrusado e o nitrogênio da ureia plasmática (NUP) dos suínos.</p>	
<p>Avaliação dos Riscos e Benefícios: Para evitar riscos aos animais, as atividades serão realizadas apenas por pessoas treinadas e capacitadas.</p> <p>Os benefícios para esta pesquisa é de analisar o perfil nutricional do farelo de feijão partido, digestibilidade da dieta com níveis crescente deste alimento, desempenho e conversão alimentar dos animais, estabelecimento do melhor nível de inclusão do farelo de feijão partido extrusado na dieta de suínos na fase inicial (15 a 30 kg de peso vivo).</p>	



para que se busque alimentos alternativos que atendam as exigências nutricionais, a menor custo.
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa: A pesquisa será conduzida por métodos condizentes com a utilização ética de animais.
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: Foram apresentados os seguintes termos e documentos: 1) Requerimento preenchido completamente e assinado pelo pesquisador responsável pelo projeto; 2) Formulário unificado de encaminhamento do CEUA/UTFPR; 3) Projeto de pesquisa completo no modelo da PROPPG-CEUA; 4) Declaração de não início do projeto 5) Registro de projeto junto a Diretoria responsável (com aprovação da DIRPPG); 6) Declaração do veterinário responsável, com anuência do Coordenador do projeto.
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: Não há.
Situação do Parecer: APROVADO
Considerações Finais a Critério da CEUA: Todos os procedimentos devem seguir a lei nº 11.794 de 8 de outubro de 2008.

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Feijão partido extrusado na alimentação de leitões de 15 a 30 kg de peso vivo", protocolo nº 2016/030, sob a responsabilidade de Antonio Claudio Furlan - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA-UTFPR) da UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, em reunião de 07/02/2017.

Vigência do projeto:	20/02/2017 – 30/04/2017
Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica
Espécie/linhagem:	Suínos (linhagem comercial)
Número de animais:	80
Peso/Idade:	15-30 Kg / 46 a 67 dias
Sexo:	Machos e fêmeas
Origem:	Granja local

Dois Vizinhos, 10 de fevereiro de 2017.

Nédia de Castilhos Ghisi
Assinado por:

Nédia de Castilhos Ghisi

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Nédia de Castilhos Ghisi
Presidente do CEUA - UTFPR
Comissão de Ética no
Uso de Animais