

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MATHEUS ROCHA DO CARMO**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA EM DIETAS  
SEM E COM ENZIMA PROTEASE SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

**RECIFE**  
**2023**

**MATHEUS ROCHA DO CARMO**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA EM DIETAS  
SEM E COM ENZIMA PROTEASE SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

Coorientadores: Pesq. Dra. Teresinha Marisa Bertol (EMBRAPA)

Pesq. Dr. Jorge Vitor Ludke (EMBRAPA)

**RECIFE  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C287a

Carmo, Matheus Rocha do

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA EM DIETAS SEM E COM ENZIMA  
PROTEASE SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO / Matheus Rocha do  
Carmo. - 2023.

47 f. : il.

Orientadora: Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke.  
Coorientador: Teresinha Marisa Bertol, Jorge Vitor Ludke.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
Recife, 2023.

1. Alimento protéico. 2. Desempenho. 3. Fatores-antinutricionais. 4. Metabolismo. 5. Suinocultura. I. Ludke, Maria  
do Carmo Mohaupt Marques, orient. II. Ludke, Teresinha Marisa Bertol, Jorge Vitor, coorient. III. Título

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA EM DIETAS  
SEM E COM ENZIMA PROTEASE SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

**MATHEUS ROCHA DO CARMO**

Aprovado em ...../...../.....

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia  
Orientadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lilian Francisco Arantes de Souza  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia

---

Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior  
Zootecnista, professor titular aposentado

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

MATHEUS ROCHA DO CARMO – filho de Moacir Tomé do Carmo e Abedinalva Rocha de Araújo do Carmo, nasceu em Recife-PE, em 28 de março de 1996. Coursou o ensino fundamental e o ensino médio na Escola Invest Centro Educacional, na qual se formou em 2013. Iniciou o curso superior em Zootecnia, em agosto de 2015, aos 18 anos de idade, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), *campus* SEDE-Recife. No mesmo ano tornou-se bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), permanecendo até 2016, e continuou sendo bolsista do PIBIC pela UFRPE em parceria com o CNPq, no período de 2016 a 2019. Realizou graduação sanduíche em Montpellier SupAgro na França nos anos de 2019 e 2020. Obteve o título de Zootecnista pela UFRPE em 2021 e no mesmo ano no mês de março, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRPE, na área de Produção de Não Ruminantes. Em fevereiro de 2022 iniciou o curso superior em Medicina Veterinária na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e em 24 de fevereiro de 2023, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

*“A mudança não chegará se esperamos outra pessoa ou outro tempo. Somos nós mesmos os que estávamos esperando. Somos a mudança que buscamos” Barack Obama*

*Aos meus pais, **Abedralva Rocha de A. do Carmo** e **Moacir Tomé do Carmo**, por toda dedicação e suporte na busca de meus objetivos.*

*Aos meus sobrinhos, **Maria Laura Rocha do Carmo** e **João Benício do Carmo**, por demonstrarem amor nas pequenas coisas.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho, bem como todas as minhas conquistas, seria impossível sem a presença dos meus pais. O primeiro agradecimento vai para eles que sempre estiveram comigo dando apoio incondicional. Dedico todo meu amor e agradeço aos meus pais, pela dedicação, excelente educação e por jamais medirem esforços para me ajudar nessa caminhada.

Aos meus sobrinhos, Maria Laura e João Benício. Vocês são um presente na minha vida e me fazem todos os dias querer ser uma pessoa melhor.

À Guilherme Gomes, pela motivação, amor, companheirismo e dedicação em me ajudar em tudo que está ao seu alcance nos bons e maus momentos da minha vida, sou extremamente grato.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, em nome de todos os professores e funcionários que permitiram a realização do presente trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À orientadora, professora Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, pelo apoio, dedicação e confiança.

Aos meus co-orientadores, Dra. Teresinha Marisa Bertol e Dr. Jorge Vitor Ludke, pelas contribuições imprescindíveis e por todos os conhecimentos compartilhados.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e aos seus profissionais e colaboradores que foram primordiais para que grande parte do trabalho fosse executado.

Aos meus irmãos, Hannah, Maria Eduarda e Felipe agradeço por toda a cumplicidade.



À minha amiga da graduação e da vida, Katariny Lima, por todo companheirismo, amizade e suporte. Obrigado por compartilhar conhecimento comigo todos os momentos dessa jornada e nos momentos difíceis, ser um ombro amigo e sempre me incentivar.

À amiga Liliane Palhares, obrigado por todas as oportunidades dadas, você é uma referência de profissional e pessoa para mim. Registro aqui todo meu carinho e admiração.

À Pablo Zotti Amador, que foi um verdadeiro irmão durante o período experimental. Agradeço o companheirismo e toda ajuda.

À Dona Inês Silva e à Família por tornarem meus dias durante a estadia em Concórdia - SC os melhores possíveis, serei eternamente grato.

Muito obrigado a todos que contribuíram para que fosse possível, não teria conseguido sozinho!

## **AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA EM DIETAS COM E SEM ENZIMA PROTEASE SOBRE O DESEMPENHO DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o valor nutricional da soja integral desativada (SID) para suínos através do ensaio de metabolismo e o efeito de dietas com e sem SID contendo ou não a enzima protease sobre o desempenho destes animais nas fases de crescimento e terminação, características de carcaça e a viabilidade econômica. O ensaio de metabolismo foi realizado pelo método de coleta total, utilizando 16 suínos machos imunocastrados, na fase de crescimento, agrupados em um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (dieta controle e dieta com substituição de 30% da SID), para determinar coeficientes de metabolizabilidade da Matéria Seca (MS), Matéria Orgânica (MO) e Proteína Bruta (PB), além da Energia Digestível (ED), Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn). No experimento de desempenho foram utilizados 60 suínos machos imunocastrados e 60 suínos fêmeas nas fases de crescimento e terminação, em um delineamento em blocos casualizados com 15 repetições (um animal/parcela). Foi utilizado um esquema fatorial 2 x 2, sendo dietas sem e com SID e sem e com enzima protease, totalizando 4 tratamentos. As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais para cada fase, estabelecendo dietas iguais para machos imunocastrados e fêmeas, considerando a exigência das fêmeas. Foi feita a caracterização nutricional da SID e das dietas, através de análise centesimal. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos em um nível de  $P < 0,05$ . No desempenho foram avaliados o ganho de peso diário (GPDM), consumo de ração diário (CRDM), conversão alimentar (CA), características de carcaças e viabilidade econômica. A viabilidade econômica foi realizada através da determinação do custo da ração (R\$), custo/kg de ganho de peso (GP), eficiência econômica, receita bruta e líquida. Foram obtidos valores de coeficientes de metabolizabilidade da MS, MO e PB da SID de 83,77%; 84,43%; 89,18%, respectivamente. Os respectivos valores de ED, EMA e EMAn foram  $4904 \pm 117$ ;  $4805 \pm 273$  e  $4656 \pm 255$  kcal/kg. No desempenho e nas características da carcaça não foi observado interação significativa em todas as fases, e ao estudar os fatores separadamente nas fases de crescimento II, final e total. Entretanto, na fase de crescimento I (30 a 50 kg de PV) a enzima proporcionou aumento no CRDM de suínos alimentados, não afetando significativamente a CA. Quando analisou-se a viabilidade econômica, foi observado que não houve interação dos fatores ( $P > 0,05$ ) nas fases de crescimento II (50 a 70 kg), terminação (70 a 90 kg) e no período total do experimento sobre a receita bruta, receita líquida, custo por quilo de ganho de peso e eficiência econômica dos tratamentos. Porém, na fase de crescimento I (30 a 50 kg de PV) houve interação dos fatores para custo de ração por quilo de ganho de peso, eficiência econômica e receita líquida, onde houve efeito das dietas com SID e sem enzima sobre estas variáveis, ou seja, a dieta com SID apresentou um menor custo por quilo de ganho de peso e maior índice de eficiência econômica e receita líquida. Entretanto, a enzima não afetou negativamente a viabilidade econômica das dietas fornecidas aos animais. Com isso, infere-se que a utilização de SID em dietas para suínos em crescimento e terminação proporciona um desempenho satisfatório e melhor eficiência econômica, enquanto as dietas com enzima protease quando adicionada com valorização nutricional não aumenta o custo das dietas destes animais.

**Palavras-chave:** Alimento protéico; Desempenho; Fatores-antinutricionais; Metabolismo;

Suinocultura.

**NUTRITIONAL EVALUATION OF DEACTIVATED SOYBEAN AND ITS USE IN DIETS WITH AND WITHOUT PROTEASE ENZYME ON THE PERFORMANCE OF GROWING AND FINISHING PIGS**

**ABSTRACT**

The objective was to evaluate the nutritional value of whole deactivated soybean (SID) for pigs through metabolism experiment and the effect of diets with and without SID, containing or not the protease enzyme, on the performance of these animals in the growth and finishing phases, carcass characteristics, and economic viability. The metabolism test was carried out by the total collecting method, using 16 immunocastrated male pigs, in the growing phase, grouped in an entirely randomized design with two treatments (control diet and diet with 30% SID replacement), to determine metabolizability coefficients of Dry Matter (DM), Organic Matter (OC) and Crude Protein (CP), besides Digestible Energy (ED), Apparent Metabolizable Energy (AME) and Apparent Metabolizable Energy corrected for nitrogen balance (AMEn). In the performance experiment, 60 immunocastrated male pigs and 60 female pigs in the growing and finishing phases were used in a randomized block design with 15 repetitions (one animal/plot). A 2 x 2 factorial scheme was used, being diets without and with SID and without and with protease enzyme, totalizing 4 treatments. The diets were formulated to meet the nutritional requirements for each phase, establishing equal diets for immunocastrated males and females, considering the requirements of the females. The nutritional characterization of the SID and the diets was made through centesimal analysis. The performance were evaluated the daily weight gain (GPDm), daily feed consumption (CRDM), feed conversion (FC), carcass characteristics and economic viability. The economic viability was performed by determining the feed cost (R\$), cost/kg of weight gain (GP), economic efficiency, gross and net revenue. The metabolizability coefficients of DM, DM and CP of SID were 83.77%, 84.43% and 89.18%, respectively. The respective values of ED, AME and AMEn were 4904±117; 4805±273 and 4656±255 kcal/kg. In performance and carcass characteristics no significant interaction was observed in all phases, and when studying the factors separately in growth phase II, final and total phases. However, in growth phase I (30 to 50 kg BW) the enzyme provided an increase in the CRDM of fed pigs, not significantly affecting the FC. When analyzing the economic feasibility, it was observed that there was no interaction of factors ( $P>0.05$ ) in growth phase II (50 to 70 kg), termination (70 to 90 kg) and total period of the experiment on gross revenue, net revenue, cost per kilogram of weight gain and economic efficiency of treatments. In growth phase I (30 to 50 kg BW) there was interaction of factors for feed cost per kg of weight gain, economic efficiency and net revenue, where there was an effect of the diets with SID and without enzyme on these variables, that is, the diet with SID presented a lower cost per kilo of weight gain and higher economic efficiency index and net revenue. However, the enzyme did not negatively affect the economic viability of the diets fed to the animals. With this, it is inferred that the use of SID in diets for growing and finishing pigs provides satisfactory performance and better economic efficiency, while diets with protease enzyme when added with nutritional valorization does not increase the cost of diets for these animals.

**Keywords:** Protein feed; Performance; Antinutritional factors; Metabolism; Swine farming.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>Figura 1.</b> Fluxograma do processo de desativação da soja integral desativada	24
--	----

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Composição nutricional (% MS) dos diferentes processamentos de desativação da soja integral avaliadas segundo diversos autores e do farelo de soja	19
<b>Tabela 2.</b> Composição bromatológica e conteúdo de aminoácidos totais do farelo de soja de acordo com Rostagno et al. (2017) e da SID analisada e utilizada no presente experimento	22
<b>Tabela 3.</b> Composição centesimal e calculada (matéria natural) da dieta experimental do ensaio de metabolismo	23
<b>Tabela 4.</b> Matriz nutricional da protease EC 3.4.21.62 nas formulações das dietas experimentais	26
<b>Tabela 5.</b> Composição centesimal e calculada (matéria natural) das dietas experimentais para suínos na fase de crescimento I (30 a 50 kg), fase de crescimento II (70 a 50 kg) e fase de terminação (70 a 90 kg)	28
<b>Tabela 6.</b> Valor dos ingredientes utilizados no experimento de desempenho expresso em (R\$/kg)	29
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de desempenho de suínos machos e fêmeas, alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease	32
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de carcaça de suínos alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease	34
<b>Tabela 9.</b> Custo por quilograma de ração em reais (R\$) nas fases de crescimento I, crescimento II, terminação e fase total	35
<b>Tabela 10.</b> Índices econômicos de suínos alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease	36
<b>Tabela 11.</b> Índices econômicos do desdobramento da interação SID x Enzima na fase de crescimento I (30 a 50 kg)	38

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AOL - área de olho de lombo

CA - conversão alimentar

CMMO - coeficientes de metabolizabilidade da matéria orgânica

CMMS - coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca

CMPB - coeficientes de metabolizabilidade da proteína bruta

CDMR - consumo diário médio de ração

ED - energia digestível

EE- extrato etéreo

EMA - energia metabolizável aparente

EMAn - energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio

ET - espessura de toucinho

GPDM - ganho de peso diário médio

HCl - ácido clorídrico

IEE - índice de eficiência econômica

MS - matéria seca

MO - matéria orgânica

PB - proteína bruta

PV - peso vivo

PI - peso inicial

PF - peso final

RC - rendimento de carcaça

SID - soja integral desativada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
2.1 Subprodutos da soja: Fatores antinutricionais, processamentos e valor nutricional	17
2.1.1 Valor nutricional dos principais subprodutos da soja	18
2.2 Utilização da soja desativada na alimentação de não-ruminantes	20
2.3 Enzima protease e sua ação sobre o aproveitamento nutricional das dietas	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
3.1. Metabolismo	22
3.1.1. Animais, delineamento e tratamentos experimentais	22
3.1.2. Descrição do ensaio	23
3.1.3. Parâmetros avaliados	24
3.2. Desempenho e avaliação das carcaças	25
3.2.1. Animais, delineamento e tratamentos experimentais	25
3.2.2. Caracterização nutricional das dietas	26
3.2.3. Parâmetros avaliados	26
3.2.4. Avaliação na carcaça in vivo	27
3.2.5. Abate e avaliações das carcaças	27
3.3. Viabilidade econômica	30
3.4. Análise estatística	30
<b>4. RESULTADOS</b>	31
4.1 Metabolismo	31
4.2 Desempenho e avaliação das carcaças	31
4.3 Viabilidade econômica	34
<b>5. DISCUSSÃO</b>	38
5.1 Metabolismo	38
5.2 Desempenho e avaliação de carcaças	39
5.3 Viabilidade econômica	41
<b>6. CONCLUSÕES</b>	43
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	43

## 1. INTRODUÇÃO

A suinocultura atual configura-se como uma cadeia produtiva de carne de alta qualidade e apresenta crescimento anual de sua produtividade, sendo considerada uma exploração econômica rentável. Embora a maior produção de carne suína ocorra na região sul do Brasil, a região nordeste vem desenvolvendo seu mercado consumidor, com alta capacidade de expansão, considerando que a produção de suínos ainda é pouco explorada nesta região, havendo espaço para aumento de produção. Todavia, para o maior desenvolvimento da suinocultura na região nordeste, deve-se levar em consideração alguns fatores, como as condições adversas de ambiente, a compra de insumos de regiões longínquas, além da preferência do consumidor final. (COÊLHO, 2020)

Na suinocultura, a viabilidade econômica de produção depende essencialmente da disponibilidade local e regional de ingredientes para ração a preços compatíveis com os preços pagos por quilograma de suíno terminado, logo a alimentação animal é um fator determinante para o êxito da atividade. A produção global de rações para suínos apresentou redução de 11% nas áreas específicas da Ásia e Pacífico e esta redução alcançou 26% da produção regional. Os dados globais, coletados em 145 países e correspondentes a 30 mil fábricas de ração do mundo, indicam que a produção por espécie foi liderada pelo setor de frangos de corte (28%), seguido pelos suínos (24%). A produção de rações na América Latina cresceu em 2,2% em 2019 atingindo a marca de 167,9 milhões de toneladas em função da maior demanda para alimentação de animais de produção (CONAB, 2020).

O Brasil se manteve como produtor líder da região e o terceiro maior do mundo, com predominância de produção de rações para frango (35,4 milhões de toneladas) e suínos (19,7 milhões de toneladas) em 2021. Segundo o SINDIRAÇÕES, no Brasil em 2020, com a elaboração de 81,5 milhões de toneladas de rações houve um aumento em 5% na produção no comparativo com o ano anterior. Na fabricação das rações no Brasil no ano de 2020, dentre os alimentos convencionais destaca-se o milho (consumo de 48 milhões de toneladas) e farelo de soja (consumo de 18 milhões de toneladas), como fontes energética e proteica, respectivamente.

A soja é um dos grãos mais cultivados no mundo com uma produção de 362,94 milhões de toneladas, tendo o Brasil como principal produtor com 125,55 milhões de toneladas e maior exportador de soja em grão com 77,2 milhões de toneladas (segundo os dados da safra 2021/22 do USDA). Dentre os derivados do esmagamento e processamento do grão inúmeros produtos, além do óleo, são usados na alimentação humana enquanto o farelo é o componente proteico ideal na alimentação animal.



Entretanto, contém algumas substâncias que inibem o aproveitamento das proteínas e dos demais nutrientes das dietas pelos monogástricos (BERTOL et al., 2001). Entre estes fatores antinutricionais, destacam-se hemaglutininas, fatores bociogênicos, saponinas, lectinas e os fatores inibidores da tripsina, como o Kunitz e o Bowman-Birk. A inativação dos componentes antinutricionais que são mais impactantes no desempenho de monogástricos e que estão presentes na soja crua pode ser feita por processamento térmico (ARABA & DALE, 1990a, b), uma vez que são inativados por altas temperaturas (VOHRA & KRATZER, 1991).

Dentre estes processamentos temos a desativação, que é um processo bem mais simples em relação ao farelo de soja, por não haver desengorduramento. A soja integral processada, por apresentar as vantagens do farelo, associada ao elevado valor energético do óleo presente no grão, pode ser usada com vantagens econômicas na produção de suínos (LUDKE et al., 2007).

A adição de enzimas exógenas às rações e o uso de tecnologias visando alterar a estrutura física dos ingredientes tem como objetivo buscar alternativas que melhorem a digestibilidade dos alimentos (OPALINSKI et al., 2011).

As proteases têm sido incorporadas às dietas de suínos com o propósito de melhorar seu desempenho e, com isso, sua rentabilidade. Essas dietas são compostas principalmente de milho e soja, que possuem algumas características ou componentes que podem dificultar a digestão e prejudicar a integridade intestinal dos animais. Dessa forma, as enzimas com atividades proteolíticas estão sendo desenvolvidas como alternativa para melhorar o aproveitamento da soja (FRANCO, 2010).

A hipótese do presente estudo é que a inclusão de SID em dietas para suínos reduza a quantidade tanto de farelo de soja quanto de milho, além do suplemento energético o óleo, reduzindo o custo das rações permitindo que a adição da enzima protease não eleve significativamente este custo e viabilize seu uso sobre o aproveitamento protéico da ração pelos suínos melhorando a produção destes animais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de SID nas dietas de suínos com e sem protease, quanto à digestibilidade, desempenho, características de carcaça e viabilidade econômica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Subprodutos da soja: Fatores antinutricionais, processamentos e valor nutricional

Por ser uma oleaginosa com elevados teores de proteína e energia, a soja constitui boa alternativa na alimentação de suínos apresentando cerca de 17% a 18% de óleo e 35% a 48% de proteína bruta de elevado valor biológico, com composição em aminoácidos essenciais favorável à alimentação de aves e suínos, mas deficiente em metionina (MENDES et al., 2004). A composição química da soja integral tostada, segundo Rostagno et al. (2017), é composta por 37,3% de proteína bruta; 18,8% de extrato etéreo e 5.098 kcal/kg de energia bruta.

A soja é a principal fonte proteica na alimentação de monogástricos (ELLERY et al., 2015) e o Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de soja no mundo, desempenhando papel importante na regulação de preços e na disponibilidade da commodity tanto no mercado nacional quanto internacional (USDA, 2017).

A soja integral *in natura* sem processamento contém fatores antinutricionais que inibem as proteases, provocam reações alérgicas e destroem células da mucosa intestinal em leitões. Porém, grande parte desses fatores, que são proteínas, é desnaturada através da ação do calor. Tradicionalmente o farelo de soja é a principal fonte de proteína utilizada na nutrição de monogástricos no Brasil (OLIVEIRA et al., 2012). Sua proteína de alta qualidade, disponibilidade de aminoácidos e a vasta gama de informações sobre sua composição, a torna referência nos modelos experimentais (BORGES et al., 2003).

Entre os métodos de processamento de soja, a extração por solventes com separação de farelos e óleo de soja degomado e desodorizado, lecitina, ácidos graxos, casca, borra, é a mais conhecida. A extrusão é o processamento que melhora as características nutricionais da soja, mas agrega valor no preço do ingrediente, muitas vezes inviabilizando o seu uso (BELLAYER e SNIZEK, 2011). Os principais tipos de processamento da soja são: tostagem por tambor rotativo; tostagem por vapor úmido; tostagem por vapor seco; tostagem por “jetsploder”; micronização; extrusão úmida, seca ou por microondas (BRUM et al., 2006).

Porém, em função do custo do processamento do grão de soja, que acaba influenciando o custo final do produto comercial, sempre surge o interesse por outros processos, entre os quais está a desativação do grão da soja ou pré-cozimento, cujo produto comercial é a soja integral desativada. Nesse processamento, os grãos inteiros de soja são submetidos a vapor (63-107°C) sob pressão (1-8kgf/cm<sup>2</sup>) e vácuo, para inativação dos fatores

antinutricionais, e os custos por tonelada de produto processado são relativamente menores em relação a outros normalmente utilizados com o mesmo objetivo (FREITAS, 2003).

O processo de desativação objetiva eliminar os fatores antinutricionais da soja *in natura*, sendo o produto submetido ao aquecimento direto e indireto com vapor, mantido sob pressão e temperatura até atingir a desativação dos fatores antinutricionais, proporcionando maior digestibilidade dos nutrientes (LIMA et al., 2004).

### 2.1.1 Valor nutricional dos principais subprodutos da soja

Rostagno et al. (2017) descrevem a composição nutricional das diferentes formas de fornecimento de soja para suínos e aves tais como soja em casca, soja na forma de concentrado proteico, farelo de soja com 44, 45, 46 e 48% de proteína, a soja integral extrusada, soja integral micronizada, soja integral tostada, isolado proteico de soja, soja semi-integral extrusada e soja semi-integral tostada.

Na tabela 1 estão descritas as composições nutricionais da soja processada por diferentes métodos em comparação ao farelo de soja. De acordo com Rostagno et al. (2017) os grãos de milho 6,92%, 7,86%, 8,80% de PB apresentam respectivamente 3300, 3360 e 3390 kcal/kg de energia metabolizável, valor abaixo dos determinados para as sojas que passaram por diferentes processamentos de desativação como demonstrado na tabela.

Quando comparado o farelo de soja 44% com a soja desativada por extrusão úmida (42,53% PB) e com a soja desativada sem casca (41,92% PB) é possível observar que o teor de EE das sojas desativadas é superior ao farelo de soja, no entanto o valor de energia metabolizável é similar e ao observar a composição aminoacídica o farelo de soja tem teores similares de aminoácidos.

Quando comparado os valores da soja desativada por reator com aquecimento e vapor sob pressão, soja desativada com aquecimento por perdas dielétricas, soja desativada por extrusão a seco e soja extrusada semi desengordurada é possível observar que ambas possuem valores de EE similares, exceto a soja extrusada semi-desengordurada que possui teor inferior, bem como valor de energia metabolizável.

**Tabela 1.** Composição nutricional (% MS) dos diferentes processamentos de desativação da soja integral avaliadas segundo diversos autores em comparação ao farelo de soja.

Nutrientes	Autores consultados							Farelo de soja
	Extrusão úmida	Reator com aquecimento e vapor sob pressão	Aquecimento por perdas dielétricas	Extrusão a seco	Extrusada semi desengordurada	SID com casca	SID sem casca	
PB (%)	42,53	35,58	36,04	35,11	36,14	40,68	41,92	44,4
EE (%)	20,97	18,52	18,84	18,55	8,74	23,13	24,07	1,05
EM (kcal/kg)*	-	4124	4199	5122	3510	4040	4387	4051
Ac. Aspártico	4,50	4,68	4,62	4,04	4,66	-	-	3,15
Ac. Glutâmico	7,34	7,69	7,54	6,94	7,62	-	-	4,34
Alanina	1,73	1,74	1,73	1,51	1,69	-	-	1,99
Arginina	3,43	3,27	3,16	2,50	2,92	-	-	3,28
Cisteína	0,61	0,68	0,69	0,65	0,97	1,08	1,12	0,66
Fenilalanina	2,06	2,19	1,16	1,81	2,07	-	-	2,29
Glicina	1,65	1,69	1,67	1,43	1,68	-	-	1,93
Histidina	0,96	1,08	1,06	0,86	1,01	-	-	1,17
Isoleucina	1,63	1,87	1,86	1,51	1,69	1,76	1,80	2,08
Leucina	3,00	3,18	3,14	2,71	3,04	2,98	3,04	3,43
Lisina	2,44	2,60	2,59	2,37	2,48	2,36	2,40	2,74
Metionina	0,68	0,47	0,46	0,43	0,36	0,51	0,52	0,59
Serina	2,02	2,22	2,18	1,96	2,26	-	-	2,41

Tirosina	1,15	1,46	1,41	1,69	1,39	-	-	1,62
Treonina	1,51	1,67	1,65	1,85	1,65	1,52	1,56	1,74
Triptofano	0,42	0,53	0,49	0,49	0,63	0,51	0,53	0,62
Valina	1,64	1,86	1,84	1,78	1,70	1,86	1,89	0,17

Fontes consultadas: <sup>1</sup>FREITAS et al. (2005); <sup>2,3,4,5</sup>LUDKE et al. (2007); <sup>6,7</sup>TOLEDO et al. (2011); ROSTAGNO et al (2017). \*EM suínos.

## 2.2 Utilização da soja desativada na alimentação de não ruminantes

O farelo de soja é relativamente o produto da soja mais utilizado em alguns tipos de dietas para animais, onde o principal objetivo é fornecer proteína de alta qualidade a aves e suínos (DEI, 2011).

A soja integral, por apresentar teores elevados de proteína e energia, é considerada como matéria prima com vantagens econômicas na fabricação de rações para suínos e aves. No entanto, a inclusão deste ingrediente *in natura* nas dietas é limitada pela presença de fatores antinutricionais, como os inibidores de proteases, lectinas e proteínas alergênicas (ROCHA et al., 2014).

Segundo Claus (2022) a SID pode ser incorporada nas dietas de frangos de corte para as fases crescimento e final e, segundo Toledo et al. (2011), o grão de soja integral desativado é um alimento em potencial para ser utilizado em rações para suínos, além de ser uma ótima fonte de proteína e conter níveis satisfatórios de aminoácidos essenciais, possui nível elevado de energia digestível devido à presença do óleo no grão, podendo ser utilizado em formulações de dietas para leitões. Segundo os autores, os conteúdos de energia metabolizável foram, respectivamente, de 3.768 e 4.111 kcal/kg para SID com casca e sem casca, para leitões na fase de creche.

### 2.3 Enzima protease e sua ação sobre o aproveitamento nutricional das dietas

A adição de enzimas exógenas às rações e o uso de tecnologias visando alterar a estrutura física dos ingredientes tem como objetivo buscar alternativas que possam reduzir a ação de compostos antinutricionais e melhorar a digestibilidade dos alimentos. As enzimas existentes no mercado são destinadas às rações contendo matérias primas alternativas como trigo, arroz, cevada, entre outros, assim como para ingredientes comumente utilizados nas formulações, como é o caso do milho e do farelo de soja (OPALINSKI et al., 2011).

A utilização de enzimas proteases exógenas na dieta contribui para melhorar o valor nutricional, através da hidrólise de proteínas pouco disponíveis presentes nos ingredientes vegetais e de certos tipos de proteínas que resistem ao processo digestivo, complementando as enzimas digestivas dos suínos (LIMA, 2007).

A soja *in natura* possui fatores antinutricionais, sendo os de maior impacto a nutrição de monogástricos, os inibidores de protease, que são substâncias que têm a capacidade de inibir a atividade de certas enzimas digestivas. Estes inibidores de protease interferem na digestão das proteínas, resultando na diminuição do crescimento animal.

Os efeitos nocivos dos inibidores de proteases em animais alimentados com leguminosa crua são complexos. Muitos estudos com animais monogástricos têm atribuído aos efeitos deletérios, principalmente alterações metabólicas do pâncreas (aumento da secreção enzimática, hipertrofia e hiperplasia) e redução da taxa de crescimento, à presença de inibidores de tripsina na alimentação à base de leguminosas (Al-Wesali et al., 1995).

A inibição da proteólise, a presença de proteína não digerida no intestino e uma diminuição da liberação de aminoácidos em dietas de soja *in natura* induzem uma compensação na reação no pâncreas e um efeito estimulante geral sobre outras secreções endógenas (RACKIS & GUMBMAN, 1986).

As proteases têm sido incorporadas à dieta de suínos com o propósito de melhorar seu desempenho e, com isso, sua rentabilidade. Essas dietas são compostas principalmente por milho e farelo de soja, que possuem algumas características ou componentes que podem dificultar a digestão e prejudicar a integridade intestinal dos animais. Dessa forma, as enzimas com atividades proteolíticas estão sendo desenvolvidas como alternativa para melhorar o aproveitamento da soja (FRANCO, 2010).

O uso de protease exógena pode ser um aliado útil na alimentação animal, pois a partir dos resultados de pesquisas, torna-se possível elucidar os mecanismos de ação, dose ótima, os substratos preferidos das proteases, além de explorar as interações entre diferentes produtos enzimáticos (ISAKSEN et al., 2011).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o aproveitamento protéico e energético da SID através de ensaio de metabolismo e de avaliar dietas com o uso deste subproduto da soja associado ou não com uma enzima protease em suínos nas fases de crescimento e terminação.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em Concórdia, Santa Catarina, Brasil (latitude 27° 18' 48" 71" S, longitude 51° 59' 34" 07 " W). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê Institucional no uso de animais (n° 018/2018). Foram realizados dois experimentos, sendo um ensaio de metabolismo pelo método de coleta total com suínos machos e um experimento de desempenho com suínos fêmeas e machos em crescimento e terminação. Os machos utilizados nos experimentos foram submetidos à imunocastração através de vacinas injetáveis. A primeira dose da vacina dos machos utilizados no experimento de metabolismo foi aplicada quando os animais tinham 61 dias e a segunda dose com 75 dias de vida. Enquanto, os do desempenho foram com 28 e 14 dias que antecederam o abate, correspondendo a fase de terminação.

Nestes experimentos foi avaliada a soja integral desativada (SID), onde os grãos inteiros sem casca foram submetidos à desativação por reator com aquecimento de vapor sob pressão, com vapor úmido de 108°C, sob pressão de 1,0kgf/cm<sup>2</sup> e vácuo por 18 minutos, para inativação dos fatores antinutricionais. Na Tabela 2 estão descritos os valores de composição bromatológica e conteúdo de aminoácidos totais da SID utilizada no experimento.

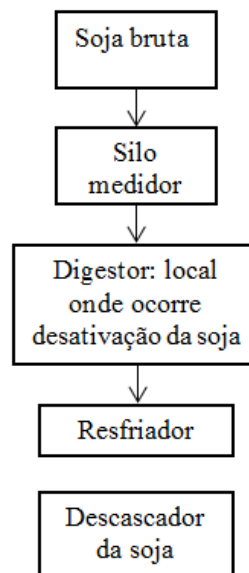
**Tabela 2.** Composição bromatológica e conteúdo de aminoácidos em base na matéria seca da SID analisada e utilizada no presente experimento

Composição nutricional da SID	%	Teor de aminoácidos da SID	%
Matéria seca	89,4	Arginina	2,432
Proteína Bruta	40,07	Histidina	0,909
Energia Bruta (kcal/kg)	6119	Isoleucina	1,533
Cinzas	4,94	Leucina	2,621
Extrato Etéreo	25,96	Lisina	2,186
Fibra Bruta	5,64	Metionina	0,397
Solubilidade proteica	88,46	Cistina	0,549
Atividade ureática	0,02	Metionina+cistina	0,946
-	-	Fenilalanina	1,798
-	-	Tirosina	1,533

-	-	Fenilalanina+tirosina	3,019
-	-	Treonina	1,420
-	-	Triptofano	0,549
-	-	Valina	1,580

Os valores dos índices de controle de qualidade (atividade ureática e solubilidade protéica) obtidos para a SID indicam que o ingrediente foi adequadamente processado porque encontra-se dentro das faixas de normalidade estabelecidas pela Anfar (1985), citada por Sakomura (1996). Na figura 1 temos o fluxograma com as principais etapas do processo de desativação da soja integral desativada.

**Figura 1.** Fluxograma do processo de desativação da soja integral desativada



Fonte: Autor

### 3.1. Metabolismo

#### 3.1.1. Animais, delineamento e tratamentos experimentais

O ensaio foi realizado para determinar a metabolização dos nutrientes e da energia da SID na fase de crescimento pelo método de coleta total de excretas, através da utilização do marcador óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Foram utilizados 16 suínos, machos imunocastrados, provenientes do cruzamento de reprodutores MS115 - Pietran (62.5%), Large White (18.75%) e Duroc (18.75%) e matrizes F1 (Landrace x Large White), com peso de  $53,80 \pm 4,15$  kg e idade média de  $103,84 \pm 0,22$  dias. O período experimental foi de sete dias para adaptação e cinco dias para coleta,



totalizando 12 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos, sendo uma ração referência e outro com substituição de 30% da ração referência pela SID, com oito repetições, sendo um animal por unidade experimental, foi realizada a padronização pelo peso dos animais.

A ração experimental (Tabela 3) foi formulada à base de milho e farelo de soja, suplementada com minerais e vitaminas atendendo às recomendações mínimas para a fase de crescimento (30 a 50 kg) de acordo com Rostagno et al. (2017), conforme a seguir:

**Tabela 3.** Composição centesimal e calculada (matéria natural) da dieta experimental do ensaio de metabolismo

Ingredientes	(%)
Milho grão	76,291
Farelo de soja	20,314
Fosfato bicálcico	1,456
Calcário calcítico	0,775
Sal comum	0,474
Premix Min. Vit. <sup>1</sup>	0,300
L-Lisina HCl	0,303
DL-Metionina	0,043
L-Treonina	0,042
<b>Total</b>	<b>100,000</b>
Composição calculada	
Proteína bruta (%)	15,762
Energia metabolizável (kcal/kg)	3239
Extrato etéreo (%)	3,485
Fibra bruta (%)	3,191
Fósforo disponível (%)	0,310
Metionina digestível (%)	0,291
Metionina+Cistina digestível (%)	0,560
Lisina digestível. (%)	0,995
Sódio (%)	0,200
Cálcio (%)	0,700

<sup>1</sup>Ácido Fólico (Min.) 114,00 mg/kg; Ácido Pantatênico (Min.) 3.013,50 mg/kg; Biotina (Min.) 30.13 mg/kg; Cobre (Min.) 28,35 g/kg; Colina (Min.) 16,67 g/kg; Etoxiquin (Min.) 250,00 mg/kg; Ferro (Min.) 30,15 g/kg; Iodo (Min.) 276,70 mg/kg; Manganês (Min.) 10,10 g/kg; Matéria Mineral (Máx.) 480,00 g/kg; Niacina (Min.) 5.596,90 g/kg; Selênio (Min.) 67,84 mg/kg; Vitamina A (Min.) 2.250.00, UI/kg; Vitamina B1 (Min.) 338,00 mg/kg. Vitamina B12 (Min.) 5.625,00 mcg/kg; Vitamina B2 (Min.) 942,00 mg/kg; Vitamina B6 (Min.) 374,85 mg/kg; Vitamina D3 (Min.) 450.000,00 UI/kg; Vitamina E (Min.) 5.000,00 UI/kg; Vitamina K3 (Min.) 300,00mg/kg; Zinco (Min.) 26,85 g/kg; Cálcio (Min.) 140,00 g/kg; Cálcio (Máx.) 150.00 g/kg.

### 3.1.2.Descrição do ensaio

Os animais foram alojados em uma sala climatizada com temperatura média de 20°C, distribuídos individualmente em gaiolas metabólicas através do modelo descrito por Pekas (1968) e foram submetidos a ensaios de digestibilidade aparente pelo método de coleta total de fezes e urina para posteriores análises laboratoriais.

O fornecimento de água foi à vontade e a quantidade de ração fornecida aos animais foi estabelecida com base no consumo mínimo durante a fase de adaptação e calculada em relação ao peso metabólico do animal ( $PV^{0.75}$ ) para evitar sobras, mas caso ocorressem foram quantificadas. Essa quantidade de ração foi dividida e fornecida duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde. Para a coleta de fezes, foi utilizado o marcador óxido férrico ( $FeO_2$ ) na ração em uma concentração de 1% indicando o momento de início e fim do período de coleta.

As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, durante cinco dias, foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados em freezer, para evitar a fermentação da amostra. No final do período de coleta, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas, retiradas alíquotas de 500 g, para realização da pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas. Em seguida, cada amostra foi pesada, moída em moinho de faca em peneira de 1 mm e enviada aos laboratórios para realização das análises.

A urina foi recolhida uma vez ao dia, em baldes de plástico contendo 20 ml HCl, diluído em água na proporção 1:1, para evitar volatilização e conseqüentemente perda de nitrogênio. Foi utilizado um funil coletor com um filtro, visando reter as impurezas e assim evitar a contaminação da amostra, principalmente com pêlos e fezes. Após a coleta, as amostras de urina foram homogeneizadas e armazenadas em freezer com temperatura média de 3°C, para posteriores análises.

Nas amostras de fezes e rações foram realizadas análises de matéria seca e proteína bruta, de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2021), a energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica, (Modelo IKA 200). A urina foi inicialmente liofilizada para posteriores análises de energia bruta e nitrogênio, utilizando as mesmas metodologias citadas anteriormente. Obtida a análise de energia bruta foram determinados os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da SID utilizando as equações propostas por Matterson et al. (1965) e o fator de correção para retenção de nitrogênio foi segundo Diggs et al. (1965) conforme citado por Bertol et al. (2017).

### 3.1.3. Parâmetros avaliados

Os parâmetros avaliados no metabolismo foram: os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), matéria orgânica (CMMO), proteína bruta (CMPB), energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da SID.

## 3.2. Desempenho e avaliação das carcaças

### 3.2.1. Animais, delineamento e tratamentos experimentais

Foram utilizados 60 suínos machos imunocastrados e 60 suínos fêmeas provenientes do cruzamento de reprodutores MS115 - Pietran (62.5%), Large White (18.75%) e Duroc (18.75%) e matrizes F1 (Landrace x Large White), sequencialmente nas fases de crescimento I ( $30,09 \pm 1,46$  kg e idade de  $75,02 \pm 1,37$  dias), crescimento II ( $52,68 \pm 2,74$  kg e idade de  $100,05 \pm 1,37$  dias), terminação ( $77,80 \pm 5,15$  kg e idade de  $128,05 \pm 1,37$  dias) e no período total. As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais para cada fase, estabelecendo dietas iguais para ambos os sexos, considerando a exigência das fêmeas, de acordo ao praticado pelas agroindústrias de lotes mistos da região de Concórdia, Santa Catarina.

O delineamento foi por blocos casualizados, com quatro tratamentos e quinze repetições por sexo, sendo cada repetição composta por um animal. Os animais foram alojados em duas salas, cada sala com a dimensão de 18,00 x 13 m, totalizando 234 m<sup>2</sup>, contendo 60 baias de concreto, com dimensão de 2,5 x 1 ocupando uma área total de 2,5 m<sup>2</sup> por baia.

As baias possuíam uma parte piso de concreto batido e um comedouro semi-automático de alumínio, tipo cocho, preso a parede da baia, o que facilitava o consumo dos animais. Em outra parte do piso, os animais tinham à disposição um bebedouro do tipo chupeta, onde ainda neste os animais ficavam livres para realizarem suas necessidades fisiológicas (fezes e urina). A ventilação das salas era realizada através de janelas localizadas na parte frontal e final das salas.

Os tratamentos consistiram em um fatorial 2 x 2, sendo duas dietas sem SID (milho e farelo de soja) e sem e com enzima (protease EC 3.4.21.62) 80000 U/g, e as outras duas dietas com SID e sem e com enzima, onde a matriz nutricional utilizada foi a preconizada pelo fabricante (Tabela 4). Sendo:

T1 – Dieta sem SID e sem enzima (controle);

T2 – Dieta sem SID e com enzima protease (com valorização dos aminoácidos digestíveis da dieta);

T3 – Dieta com SID e sem enzima;

T4 – Dieta com SID e com enzima protease (com valorização dos aminoácidos digestíveis da dieta).

**Tabela 4.** Matriz nutricional da protease EC 3.4.21.62 nas formulações das dietas experimentais

<b>Componente</b>	<b>Contribuição PB/Aminoácido (%)</b>
Proteína Bruta	0,36
Lisina	0,036
Treonina	0,023
Triptofano	0,014
Valina	0,040
Cisteína	0,010
Isoleucina	0,033
Leucina	0,047
Metionina	0,005

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de fêmeas de alto potencial genético com desempenho regular médio de acordo com Rostagno et al. (2017) para cada fase em conformidade com os tratamentos estabelecidos como demonstrado na Tabela 5.

Os animais passaram por um período de adaptação de uma semana às dietas experimentais. As rações e a água foram fornecidas à vontade. As sobras do comedouro foram pesadas a cada 14 dias e as sobras do chão de acordo com a necessidade, para aferição do consumo diário de ração. As pesagens dos animais também foram realizadas a cada 14 dias durante todo o período experimental para o acompanhamento do ganho de peso.

### 3.2.2. Caracterização nutricional das dietas

Foram coletadas amostras das rações de cada tratamento para realização da análise química, quanto aos níveis de matéria seca, proteína bruta, cálcio, fósforo e matéria mineral (AOAC, 1995). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica (modelo IKA 200).

**Tabela 5.** Composição centesimal e calculada (matéria natural) das dietas experimentais para suínos na fase de crescimento I (30 a 50 kg), fase de crescimento II (70 a 50 kg) e fase de terminação (70 a 90 kg)

Ingredientes	Dieta experimentais (%)											
	Fase 1 (30 a 50 kg)				Fase 2 (50 a 70 kg)				Fase 3 (70 a 90 kg)			
	Dieta sem SID e sem enzima	Dieta sem SID e com enzima	Dieta com SID e sem enzima	Dieta com SID e com enzima	Dieta sem SID e sem enzima	Dieta sem SID e com enzima	Dieta com SID e sem enzima	Dieta com SID e com enzima	Dieta sem SID e sem enzima	Dieta sem SID e com enzima	Dieta com SID e sem enzima	Dieta com SID e com enzima
Milho grão	65,588	68,263	55,447	57,339	69,022	71,698	60,928	62,813	73,266	75,955	66,034	67,918
Farelo de soja	30,381	27,728	16,484	14,025	27,681	25,028	13,512	11,052	23,865	21,206	11,416	8,956
Soja desativada	0,000	0,000	20,000	20,000	0,000	0,000	17,500	17,500	0,000	0,000	15,000	15,000
Farelo de trigo	0,000	0,000	5,531	6,038	0,000	0,000	5,839	6,357	0,000	0,000	5,483	6,003
Óleo de soja	1,586	1,484	0,000	0,000	1,286	1,184	0,000	0,000	1,015	0,914	0,000	0,000
Calcário	0,959	0,962	0,960	0,968	0,879	0,882	0,859	0,871	0,775	0,790	0,739	0,752
Fosfato bicálcico	0,249	0,269	0,151	0,158	0,036	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sal comum	0,434	0,435	0,426	0,426	0,400	0,400	0,393	0,393	0,373	0,373	0,373	0,373
Adsorvente	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix Min. Vit. <sup>1</sup>	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
L-Lisina HCl	0,140	0,172	0,236	0,262	0,100	0,132	0,241	0,267	0,117	0,149	0,246	0,272
DL-Metionina	0,071	0,078	0,125	0,129	0,038	0,045	0,102	0,106	0,036	0,043	0,093	0,097
L-Treonina	0,041	0,053	0,090	0,099	0,015	0,027	0,083	0,092	0,016	0,028	0,078	0,087
Cloreto de Colina 60	0,035	0,035	0,035	0,035	0,027	0,027	0,027	0,027	0,021	0,021	0,021	0,021
Fitase <sup>2</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Protease	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005	0,000	0,005
Enramax 8%	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Custo R\$ kg/ração	2,045	2,033	2,030	2,026	1,998	1,987	1,980	1,970	1,955	1,943	1,939	1,930

Composição calculada

PB (%)	17,95	17,35	18,91	18,41	16,90	16,29	17,13	16,62	15,489	14,883	15,613	15,110
EM(kcal/kg)	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Extrato etéreo (%)	4,19	4,16	6,67	6,73	3,99	3,95	6,29	6,35	3,82	3,79	5,89	5,95
Fibra bruta (%)	2,93	2,84	3,27	3,22	2,85	2,76	3,14	3,09	2,72	2,63	2,99	2,94
Fósforo total (%)	0,545	0,540	0,569	0,565	0,498	0,492	0,527	0,522	0,479	0,470	0,512	0,506
Fósforo disp(%)	0,328	0,328	0,328	0,328	0,285	0,285	0,295	0,294	0,273	0,270	0,289	0,288
Metionina dig (%)	0,336	0,337	0,386	0,328	0,292	0,293	0,344	0,345	0,273	0,274	0,319	0,319
Metionina+Cistina(%)	0,629	0,626	0,700	0,698	0,572	0,569	0,633	0,631	0,533	0,531	0,586	0,585
Lisina dig(%)	0,968	0,968	0,968	0,968	0,875	0,875	0,875	0,875	0,885	0,879	0,993	0,988
Sódio (%)	0,185	0,185	0,185	0,185	0,171	0,171	0,171	0,171	0,160	0,160	0,163	0,162
Cálcio (%)	0,663	0,663	0,663	0,663	0,577	0,577	0,577	0,577	0,520	0,520	0,520	0,520
Colina (g/kg)	0,213	0,213	0,213	0,213	0,177	0,177	0,177	0,177	0,147	0,147	0,147	0,147
Treonina dig (%)	0,736	0,731	0,828	0,824	0,671	0,666	0,749	0,746	0,616	0,611	0,683	0,679
Triptofano dig (%)	0,223	0,221	0,252	0,253	0,207	0,206	0,223	0,223	0,185	0,184	0,198	0,198
Arginina dig (%)	1,201	1,122	1,256	1,186	1,123	1,044	1,117	1,047	1,010	0,931	1,000	0,930
Fenilalanina dig (%)	0,900	0,847	0,942	1,186	0,848	0,796	0,848	0,800	0,774	0,721	0,768	0,721
Isoleucina dig(%)	0,775	0,758	0,796	0,895	0,726	0,709	0,709	0,697	0,655	0,639	0,636	0,625
Leucina dig(%)	1,559	1,536	1,577	1,559	1,493	1,470	1,455	1,437	1,395	1,372	1,354	1,336
Fenil+Tir dig(%)	1,540	1,450	1,603	1,521	1,452	1,363	1,443	1,362	1,325	1,236	1,309	1,228
Valina dig (%)	0,857	0,847	0,879	0,875	0,808	0,799	0,793	0,789	0,738	0,729	0,721	0,717

<sup>1</sup>Ácido Fólico (Min.) 114,00 mg/kg; Ácido Pantatênico (Min.) 3.013,50 mg/kg; Biotina (Min.) 30,13 mg/kg; Cobre (Min.) 28,35 g/kg; Colina (Min.) 16,67 g/kg; Etoxiquin (Min.) 250,00 mg/kg; Ferro (Min.) 30,15 g/kg; Iodo (Min.) 276,70 mg/kg; Manganês (Min.) 10,10 g/kg; Matéria Mineral (Máx.) 480,00 g/kg; Niacina (Min.) 5.596,90 g/kg; Selênio (Min.) 67,84 mg/kg; Vitamina A (Min.) 2.250,00, UI/kg; Vitamina B1 (Min.) 338,00 mg/kg. Vitamina B12 (Min.) 5.625,00 mcg/kg; Vitamina B2 (Min.) 942,00 mg/kg; Vitamina B6 (Min.) 374,85 mg/kg; Vitamina D3 (Min.) 450.000,00 UI/kg; Vitamina E (Min.) 5.000,00 Ulkg; Vitamina K3 (Min.) 300,00 mg/kg; Zinco (Min.) 26,85 g/kg; Cálcio (Min.) 140,00 g/kg; Cálcio (Máx.) 150,00 g/kg. <sup>2</sup> Fitase (EC 3.1.3.26) *Buttiauxella spp.*

### 3.2.3. Parâmetros avaliados

Para avaliação do desempenho e estudo dos efeitos de tratamentos foram consideradas as seguintes variáveis: peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso diário médio (GPDM), consumo diário médio de ração (CDMR) e conversão alimentar (CA) para cada fase e no período total.

### 3.2.4. Avaliação na carcaça in vivo

A avaliação in vivo foi realizada por ultrassom com o auxílio do software da Biotronics (BioSoft Toolbox ® II para suínos), por meio de um aparelho de ultrassom Aloka SSD, através da sonda UST-5011 que captura as imagens e salva em um banco de dados com todas as informações e medições obtidas transversalmente. As medições foram realizadas entre a 10ª e a 13ª costelas no músculo *longissimus dorsi* para obtenção das imagens da área de olho de lombo, espessura de gordura e comprimento e profundidade do músculo.

### 3.2.5. Abate e avaliações das carcaças

Os animais foram pesados e submetidos a jejum alimentar por 12 horas. Em seguida, foram encaminhados para abatedouro comercial inspecionado pelo SIF. Após 18 horas de jejum, os animais foram insensibilizados por eletronarcolese, sangrados, depilados, eviscerados, pesados novamente e em seguida suas carcaças foram resfriadas a uma temperatura média de 4°C durante 24 horas, para posterior avaliação. Foram calculados o rendimento de carcaça através da aplicação da fórmula:

$$RC = [(PESO CARCAÇA QUENTE * 100) / PESO CARCAÇA FRIA].$$

Após a pesagem as carcaças foram serradas na linha mediana por uma serra fita. Na meia carcaça esquerda, foi mensurada a espessura de toucinho (ET), calculada através da média das medidas em dois pontos da carcaça: na altura da primeira costela e na última costela, com o auxílio de um paquímetro. Todas as mensurações foram feitas de acordo com o Método Brasileiro de Avaliação de Carcaça (ABCS, 1973).

A área de olho do lombo (AOL) foi medida por meio da marcação do contorno do lombo direito em papel acetato, com caneta especial, e posterior cálculo da área utilizando-se o planímetro. Os dados obtidos por meio da técnica de ultrassom foram aplicados na seguinte equação para predição da porcentagem de carne magra, com os valores de peso de carcaça

quente (PCQ), espessura de toucinho (ET) e profundidade do lombo (PL), foram calculados a porcentagem de carne magra (PCM %), de acordo com as seguintes equações propostas por Guidoni (2000).

$$\text{PCM \%} = 65,92 - (0,685 * \text{ET}) + (0,094 * \text{PL}) - (0,026 * \text{PCQ})$$

### 3.3. Viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica foi realizada para cada fase e para o período total do experimento. Inicialmente, foi determinado o custo da ração em reais (R\$), por quilograma de peso vivo ganho (Bellaver et al., 1985), como segue:

$$Y_i = (P_i * Q_i) / G_i$$

Onde:  $Y_i$  = custo da ração por quilograma de peso vivo ganho no  $i$ -ésimo tratamento;

$P_i$  = Preço por quilograma da ração utilizada no  $i$ -ésimo tratamento;

$Q_i$  = Quantidade de ração consumida no  $i$ -ésimo tratamento;

$G_i$  = Ganho de peso do  $i$ -ésimo tratamento.

Para calcular os custos com a alimentação considerou-se o preço de cada ingrediente utilizado nas dietas experimentais praticados no estado de Santa Catarina, no mês abril de 2021 expressos em (R\$/kg) como sendo demonstrado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Valor dos ingredientes utilizados no experimento de desempenho expresso em (R\$/kg).

<b>Ingrediente</b>	<b>R\$/kg</b>
Milho	1,63
Farelo de Soja	2,48
SID	2,66
Trigo	1,00
Óleo de Soja	6,40
Calcário	0,30
Fosfato Bicálcico	2,65
Sal	0,51
Adsorvente	8,55
Premix Mineral e Vitamínico	20,54
DL-Metionina	12,25
L-Lisina	8,42
L-Treonina	6,62
Cloreto de Colina 60	5,96
Fitase	25,65
Protease	254,99
Enramax	37,00



Em seguida, foi calculado o Índice de Eficiência Econômica (IEE), como sugerido por Tavernari et al. (2009), como segue:

$$IEE = (MCE / CTei) * 100$$

Onde: MCE = menor custo da ração por quilograma de ganho observado entre os tratamentos;

CTei = custo do tratamento *i* considerado.

A Receita bruta (R\$) no período foi calculada a partir do preço do suíno (R\$/kg de peso vivo) x Ganho de peso por animal no período (em kg). Preço do kg de suíno: R\$ 6,91. Fonte: Braço do Norte SC na bolsa do suíno à vista, mercado não integrado.

A Receita Líquida (R\$) foi calculada a partir da receita bruta no período (R\$) menos o custo com a alimentação (R\$).

### 3.4. Análise estatística

O delineamento experimental para o experimento de desempenho foi em blocos casualizados em arranjo fatorial, sendo que o modelo estatístico foi representado simbolicamente por:

$$y_{ijk} = \mu + b_k + SID_i + E_j + (SID)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde:  $y_{ijk}$  é o valor observado na unidade experimental, que recebeu os fatores SID (fonte de proteína) e E (Enzima), respectivamente, com níveis “i e j” (i=1, 2; j=1,2), e b é o bloco/repetição “k” (1, 2, 3, ..., 15);  $\mu$  = é a estimativa da média geral das observações do experimento; SID e E = efeito dos fatores Soja Desativada e Enzima e SID. E é a interação entre os fatores,  $b_k$  = efeito de bloco ke,  $e_{ijk}$  = erro experimental aleatório não observável suposto seguir a distribuição normal de probabilidade com média zero e variância constante  $\sigma^2$ .

Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento GLM do SAS (2012) e o nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ . Eventuais detalhamentos de efeitos significativos foram realizados pelo Teste de Tukey para comparação múltipla de médias.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Metabolismo

Os coeficientes de metabolizabilidade da MS, MO e PB da SID foram respectivamente de  $83,77\% \pm 2,02$ ;  $84,44\% \pm 2,08$ ;  $89,19\% \pm 5,94$  e os valores de ED, EMA e EMAn foram  $4904 \pm 117$ ;  $4805 \pm 273$  e  $4656 \pm 255$  kcal/kg, respectivamente.

## 4.2 Desempenho e avaliação das carcaças

Os resultados das variáveis de desempenho estão apresentados na Tabela 7. Não houve interação dos fatores ( $P>0,05$ ) nas fases e no período total do experimento, sobre o desempenho e características de carcaça. Na avaliação dos fatores principais também não houve diferença significativa sobre estas variáveis nas fases de crescimento II, final e total, exceto na fase de crescimento I (30 a 50 kg de PV). Nesta fase houve efeito significativo da protease sobre o CRDM ( $P=0,04$ ), onde os animais que consumiram a dieta com a enzima apresentaram maiores CRDM em detrimento aos animais que não a consumiram, não afetando a CA.

**Tabela 7.** Valores médios de desempenho de suínos machos e fêmeas, alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease

SID/Enzima	GPDM <sup>1</sup> (kg/d)	CRDM <sup>2</sup> (kg/d)	CA <sup>3</sup> (kg/kg)	GPDM (kg/d)	CRDM (kg/d)	CA (kg/kg)
<b>Fase 1 (30 a 50 kg)</b>			<b>Fase 2 (50 a 70 kg)</b>			
<b>SID</b>						
Sem	0,740±0,01	1,608±0,01	2,138±0,02	0,984±0,01	2,345±0,03	2,387±0,02
Com	0,761±0,01	1,634±0,02	2,157±0,02	0,981±0,01	2,287±0,03	2,345±0,02
<b>Protease</b>						
Sem	0,739±0,01	1,585±0,02b	2,156±0,02	0,986±0,01	2,314±0,03	2,356
Com	0,762±0,01	1,657±0,01a	2,183±0,02	0,979±0,01	2,318±0,03	2,377
<b>Probabilidades</b>						
SID	0,108	0,285	0,357	0,848	0,154	0,239
Protease	0,066	0,004	0,504	0,715	0,871	0,521
SID x Protease	0,137	0,915	0,060	0,433	0,881	0,247
<b>Fase 3 (70 a 90 kg)</b>			<b>Fase Total</b>			
<b>SID</b>						
Sem	1,090±0,01	3,189±0,06	2,929±0,03	0,942±0,01	2,393±0,03	2,540±0,01
Com	1,076±0,02	3,193±0,07	2,972±0,04	0,942±0,01	2,380±0,03	2,300±0,02
<b>Protease</b>						
Sem	1,087±0,02	3,186±0,07	2,934±0,04	0,939±0,01	2,370±0,03	2,523±0,02
Com	1,080±0,01	3,195±0,06	2,964±0,03	0,934±0,01	2,402±0,03	2,547±0,02
<b>Probabilidade</b>						
SID	0,464	0,975	0,367	0,994	0,856	0,878
Protease	0,667	0,857	0,419	0,763	0,332	0,284

SID x Protease	0,639	0,616	0,167	0,902	0,595	0,285
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

<sup>1</sup>GPDM: Ganho de peso diário médio; <sup>2</sup>CRDM: Consumo de ração diário médio; <sup>3</sup>CA: Conversão alimentar.

Ao avaliar as características de carcaça não foram detectadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as médias da área de músculo, área de gordura, relação músculo:gordura, do rendimento de carcaça (RC), da espessura de toucinho (ET) primeira e última costela atribuídas às dietas (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios de carcaça de suínos alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease

SID/Enzima	Área de Músculo	Área de Gordura	Rendimento de Carcaça	ET <sup>1</sup> Primeira Costela	ET última Costela	Relação Músculo/Gordura
<b>SID</b>						
Sem	44,58±0,01	19,08±0,06	69,56±0,01	24,52±0,05	15,90±0,05	2,44±0,08
Com	43,65±0,08	20,16±0,08	69,87±0,01	24,92±0,07	16,82±0,05	2,26±0,08
<b>Protease</b>						
Sem	43,37±0,08	19,60±0,06	69,72±0,01	24,31±0,07	16,20±0,05	2,33±0,08
Com	44,88±0,08	19,69±0,05	69,60±0,01	24,50±0,06	16,52±0,05	2,37±0,01
<b>Probabilidades</b>						
SID	0,544	0,363	0,121	0,824	0,159	0,326
Protease	0,148	0,667	0,389	0,638	0,549	0,829
SID x Protease	0,259	0,993	0,620	0,110	0,982	0,449

<sup>1</sup>Espessura de toucinho

### 4.3 Viabilidade econômica

Os resultados do custo da ração em Reais estão apresentados na Tabela 9. O custo da ração por quilograma de ração (R\$/kg ração) diminuiu com a adição da enzima protease e da SID para todas as fases, onde a ração baseada em milho, farelo de soja e soja desativada com adição de enzima protease se mostrou menos onerosa.

**Tabela 9.** Custo por quilograma de ração em reais (R\$) nas fases de crescimento I, crescimento II, terminação e fase total

SID/Enzima	Fase 1 (30 a 50 kg)		Fase 2 (50 a 70 kg)		
	Sem Enzima	Com Enzima	Sem Enzima	Com Enzima	
Sem SID	2,045	2,033	1,998	1,987	
Com SID	2,030	2,026	1,980	1,970	
		Fase 3 (70 a 90 kg)		Fase Total	
Sem SID	1,955	1,943	5,998	5,963	
Com SID	1,939	1,930	5,955	5,926	

Os valores de custo de ração por quilo de ganho de peso, índice de eficiência econômica, receita bruta e receita líquida estão apresentados na Tabela 10. Para nenhum dos parâmetros de viabilidade econômica avaliados em todas as fases e no período total não houve efeito significativo, exceto na fase de crescimento I (30 a 50 kg de PV) que houve interação entre os fatores ao avaliar o custo de ração por kg de ganho de peso ( $P=0,050$ ), índice de eficiência econômica ( $P=0,050$ ) e renda líquida ( $P=0,050$ ).

**Tabela 10.** Índices econômicos de suínos alimentados com soja desativada, com ou sem adição de enzima protease

SID/Enzima	Fase 1 (30 a 50 kg)				Fase 2 (50 a 70 kg)			
	CR <sup>1</sup> (R\$/kg GP)	IEE <sup>2</sup> (%)	RB <sup>3</sup> (R\$)	RL (R\$)	CR <sup>1</sup> (R\$/kg GP)	IEE <sup>2</sup> (%)	RB <sup>3</sup> (R\$)	RL (R\$)
<b>SID</b>								
Sem	4,451±0,04	79,75±0,07	345,97±2,58	257,57±2,07	4,756±0,04	81,72±0,07	537,09±3,79	406,23±3,16
Com	4,380±0,05	81,24±0,09	349,47±2,70	259,53±2,09	4,634±0,05	84,18±0,09	538,87±5,38	412,40±4,16
<b>Protease</b>								

Sem	4,400±0,51	80,84±0,93	345,69±2,67	258,03±2,14	4,685±0,04	83,07±0,82	536,68±4,63	410,79±3,70
Com	4,431±0,47	80,16±0,8-	349,75±2,61	258,49±2,03	4,704±0,05	82,84±0,91	539,24±4,67	409,33±2,61
<b>Probabilidades</b>								
SID	0,236	0,170	0,115	0,177	0,075	0,037	0,577	0,068
Protease	0,760	0,645	0,074	0,538	0,781	0,860	0,505	0,351
SID x Protease	0,050	0,050	0,107	0,050	0,281	0,226	0,875	0,901
<b>Fase 3 (70 a 90 kg)</b>				<b>Fase Total</b>				
<b>SID</b>								
Sem	5,708±0,06	75,40±1,04	748,07±5,55	574,06±3,59	5,036±0,04	80,27±0,59	1632±16	1238±8
Com	5,748±0,07	74,99±1,33	747,72±4,82	571,22±6,33	4,982±0,01	81,29±0,80	1634±9	1243±12
<b>Protease</b>								
Sem	5,714±0,07	75,51±1,07	746,33±6,87	571,66±4,84	4,999±0,07	80,99±0,76	1628±13	1238±10
Com	5,741±0,06	74,91±0,83	749,06±6,82	573,64±5,34	5,021±0,03	80,70±1,04	1640±13	1243±10
<b>Probabilidade</b>								
SID	0,637	0,692	0,996	0,774	0,445	0,355	0,570	0,515
Protease	0,622	0,504	0,767	0,755	0,529	0,464	0,426	0,604
SID x Protease	0,155	0,188	0,862	0,400	0,264	0,265	0,809	0,360

<sup>1</sup>CR: Custo de ração por quilo de ganho de peso; <sup>2</sup>IEE: Índice de eficiência econômica; <sup>3</sup>RB: Receita bruta; RL: Receita líquida

Os valores do desdobramento da interação SID x Enzima das variáveis de ração por quilo de ganho de peso, índice de eficiência econômica, receita bruta e receita líquida na fase de crescimento I (30 a 50) estão apresentados na Tabela 11. Houve efeito da SID sobre o custo de ração (R\$/kg GP) em dieta sem enzima (P=0,0295), onde a dieta com SID foi menos onerosa que a ração sem o ingrediente, e esta proporcionou maior índice de eficiência econômica (P=0,0195) e maior receita líquida (P=0,0241).

**Tabela 11.** Desdobramento da interação SID x Enzima das variáveis econômicas Custo de ração/kg de ganho de peso (R\$/kg) e índice de Eficiência Econômica (%) do na fase de crescimento I (30 a 50 kg)

SID/Enzima	Sem Enzima	Com Enzima	Média	ProbF
	<b>Custo de ração/kg de ganho de peso (R\$/kg)</b>			
Sem SID	4,496±0,068	4,407±0,058	4,451±0,044	0,2514
Com SID	4,308±0,074	4,455±0,075	4,380±0,053	0,1162
Média	4,400±0,051	4,431±0,047	4,415±0,036	0,7606
ProbF	0,0295	0,5992		
<b>Índice de eficiência econômica (%)</b>				
Sem SID	79,01±1.15	80,49±1.02	79,75±0.77	0,2796
Com SID	82,62±1.36	79,82±1.25	81,24±0.94	0,0885
Média	80,84±0.92	80,16±0.80	80,50±0.61	0,6545
ProbF	0,0195	0,6690		
<b>Receita Líquida (R\$)</b>				
Sem SID	255,05±3.01	259,80±2.82	257,47±2.07	0,0759
Com SID	261,01±2.98	258,04±2.95	259,53±2.09	0,3667
Média	258,03±2.14	258,94±2.03	258,49±1.47	0,5384
ProbF	0,0241	0,6973		

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Metabolismo

O CMMS e CMPB da SID sem casca determinados por Toledo et al. (2011) em leitões na fase de creche, foram 94,20% e 92,18%, respectivamente, sendo mais elevados que os determinados nesta pesquisa (83,77% e 89,18%). Resultados inferiores foram obtidos por Oliveira Junior et al. (2017) obtiveram valor de 79,99% no CMPB da SID utilizando suínos em crescimento. Thomaz et al. (2012) com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade da soja semi-integral extrusada para leitões na fase inicial observaram o valor de CMMS de 88,87% e CMPB de 86,81%. Observa-se que são valores semelhantes ao farelo de soja (44% PB) de CMMS de 88,1% e CMPB de 90%, como demonstrado na tabela de Rostagno et al. (2017). Mendes et al. (2004) avaliando a composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento determinou os valores de ED e dos coeficientes de digestibilidade aparente da PB e MS para os alimentos testados foram: 3583 kcal/kg, 90,8% e 85,7% para o farelo de soja; 4065

kcal/kg, 86,1% e 81,9% para a soja semi-integral extrusada; 3803 kcal/kg, 73,9% e 74,4% para a soja integral expandida; 5272 kcal/kg, 95,2% e 93,2% para a soja integral micronizada.

Os autores verificaram que a extrusão da soja semi-integral e a micronização da soja integral foram eficientes na inativação dos fatores antinutricionais e na melhoria de suas digestibilidades. Os valores de ED e coeficientes de digestibilidade aparente da PB e MS determinados na presente pesquisa da SID foram respectivamente  $4904 \pm 117$  kcal/kg;  $83,77\% \pm 2,02$ , e  $89,19\% \pm 5,94$  estão inseridos na amplitude dos dados citados pelos autores acima, existindo uma variabilidade devido ao processamento.

Ludke et al. (2007) ao trabalharem diferentes formas de processamento da soja para suínos em crescimento, obtiveram, respectivamente, para SID por reator com aquecimento e vapor sob pressão; soja desativada com aquecimento por perdas dielétricas; soja desativada por extrusão a seco e soja extrusada semi desengordurada, teores de EMAn e EE semelhantes, 4.124 kcal/kg e 18,52%; 4.199 kcal/kg e 18,84%; 5.122 kcal/kg e 18,55%, e 3.510 kcal/kg e 8,74%, respectivamente, considerando-se que os valores de EMAn são semelhantes ao encontrado no presente experimento (4656 kcal/kg e de 25,96% de EE), pode-se afirmar que o processo de desativação foi realizado de forma satisfatória. Além disso, estes valores energéticos são superiores ao comparar com o farelo de soja com 3188 kcal/kg de EMAn, de acordo com Rostagno et al. (2017), por não apresentar o processo de desengorduramento, e conseqüentemente a vantagem de requerer menor ou até ausência na suplementação de óleo nas rações, proporcionando melhor rentabilidade econômica na produção de suínos.

De acordo com Nitsan et al. (1997), dentre as vantagens do uso da soja integral pode-se citar a melhora da palatabilidade e do consumo, a redução do incremento calórico, sobretudo em regiões de clima quente, a melhor qualidade nutricional e digestibilidade decorrente do processamento e a maior relação custo-benefício no sistema produtivo. Os resultados de composição química e digestibilidade dos nutrientes permitem inferir que a SID é uma fonte de proteína com elevado conteúdo energético, com potencial para ser utilizada na alimentação de suínos.

## **5.2 Desempenho e avaliação de carcaças**

Foi observado aumento significativo no consumo dos animais na fase de crescimento I (30 a 50 kg), provavelmente devido à valorização da enzima, pois a dieta contendo este aditivo foi formulada atribuindo-se uma matriz nutricional para a enzima em proteína bruta e aminoácidos essenciais digestíveis, em que o animal compensou o nível marginal destes

nutrientes aumentando seu consumo, porém a enzima teve ação, por ocasionar um aumento no valor absoluto no ganho de peso em 3,0%, não afetando assim a conversão alimentar.

Resultados distintos foram encontrados por Min et al. (2019) e Ruiz et al. (2008) que não observaram efeito significativo no consumo dos animais alimentados com dietas contendo protease, porém a enzima foi adicionada na forma *on top*, que consiste em suplementar a enzima sobre uma formulação padrão, enquanto no presente estudo foi levado em consideração a valorização nutricional da enzima e sua contribuição para os aminoácidos digestíveis da dieta, comprovando, portanto, a justificativa acima.

Nery et al. (2000) observaram que adição das enzimas (protease, amilase e lipase) para leitões de 10 a 30 kg não influenciaram significativamente o ganho de peso e o consumo de ração, mas tiveram melhora na conversão alimentar dos animais com a suplementação da protease. Os autores justificaram que a melhor conversão alimentar ocorreu porque houve melhora da digestibilidade dos nutrientes, principalmente da proteína, em que os animais nesta fase têm maior necessidade, ocorrendo maior retenção.

Resultado similar ao presente estudo, foi observado por Teixeira et al. (2005) avaliando a utilização de enzimas (protease, amilase e celulase) na proporção de 2 kg/ton na forma *on top*, em dietas com diferentes fontes e níveis de proteína para leitões na fase de creche, os autores observaram que não houve diferença entre o peso final, ganho de peso diário e conversão alimentar dos leitões em todas as fases, para os tratamentos com ou sem a utilização de enzimas.

A inclusão da protease também não teve efeito significativo sobre as variáveis de desempenho dos animais nas demais fases, inclusive nas características de carcaça. O uso de protease em rações de suínos em crescimento e terminação sem resultados significativos no desempenho pode ser que mesmo com melhoria da digestibilidade dos nutrientes esse efeito não foi suficiente para ocasionar resultado significativo, ou também pode ser que a utilização da enzima com valorização dos aminoácidos digestíveis da dieta tenha permitido melhor absorção dos nutrientes e consequentemente níveis nutricionais satisfatórios para atender as exigências das categorias testadas. Resultados similares foram observados por Payling et al. (2017), utilizando *Bacillus spp.* e enzima protease nas dietas para suínos na fase de crescimento, ou seja, não observou efeito nas características de desempenho e carcaça. Da mesma forma, Amorim et al. (2011) verificou que a adição ou não do complexo enzimático para suínos nas mesmas fases não afetou as variáveis de desempenho.

Avaliando a inclusão da SID não foi observado uma influência sobre as variáveis de desempenho e carcaça. Embora estas dietas com SID apresentassem maior quantidade de



gordura (6,67%) em relação às com ausência deste ingrediente (4,16%), e segundo Maciel (2012) as gorduras podem melhorar a digestibilidade dos nutrientes das rações, pois são potentes inibidoras do esvaziamento gástrico, mesmo assim não ocasionou aumento significativo no desempenho e no teor de gordura na carcaça dos animais. Isto provavelmente tenha ocorrido porque as dietas sem e com SID foram isoenergéticas, nas quais as contendo o ingrediente foram formuladas com a adição de 5,53% farelo de trigo, para diluir a energia já que o SID tem mais alta energia do que o farelo de soja, elevando assim o teor de fibra de 2,93% para 5,2%, proporcionando um aumento no incremento calórico de 0,34%. Com isso, ao estimarmos a energia líquida dessas dietas, de acordo com a equação descrita por Rostagno et al. (2017), foi encontrado valores de 2466 kcal/kg (dieta sem SID) e 2618 kcal/kg (dieta com SID), mostrando uma proximidade entre elas na quantidade de energia líquida, onde mesmo que tenha maior teor de gordura e uma certa elevação na energia líquida, não foi o suficiente para proporcionar diferença no desempenho e na carcaça dos animais.

O resultado é similar ao encontrado por Toledo et al. (2011), onde não houve efeito da SID (com ou sem casca) para as variáveis de desempenho de leitões de 6 a 15 kg. Também Ludke et al. (2007) não observaram diferença significativa ao incluir 8% de soja integral processada de diferentes formas, tais como: SID por reator com aquecimento sob pressão, SID com aquecimento por perdas dielétricas e SID por extrusão a seco nas dietas de suínos em crescimento e terminação, e estas continham um teor de extrato etéreo de 18,64%, inferior ao nosso estudo.

Nas características de carcaça dos suínos alimentados com dietas com inclusão ou não de SID apresentaram mesma relação músculo/gordura demonstrando que este ingrediente, mesmo aumentando o teor de gordura da ração, não elevou ou reduziu esta relação nos animais, sendo um efeito positivo na sua utilização, devido ao mercado ter preferência a produto com maior deposição de carne.

### **5.3 Viabilidade econômica**

Sakomura e Rostagno (2016) afirmam que para otimizar a eficiência de utilização dos alimentos é fundamental o conhecimento do valor energético destes, assim como sua importância nutricional e econômica quando relacionados à formulação de rações.

Com a adição da SID o custo por quilo de ração foi reduzido em todas as fases. Ao estudar os parâmetros econômicos: custo de ração por quilo de ganho de peso, eficiência econômica e receita líquida apenas na fase de crescimento I (30 a 50 kg de PV) houve interação dos fatores, ou seja, as dietas contendo SID apresentaram valores significativamente

melhores para as variáveis acima, não ocorrendo o mesmo efeito ao adicionar a enzima. As rações contendo SID, mesmo que o preço deste ingrediente seja um pouco mais elevado (R\$2,66/kg) do que o farelo de soja (R\$2,48/kg), não houve aumento o custo desta ração, devido não ser necessário adicionar óleo de soja (R\$6,4/kg), como também reduziu a inclusão do farelo de soja e do milho (R\$1,63). Além disso, para obtenção destes parâmetros o custo foi relacionado com o consumo e ganho de peso dos animais, onde mesmo que ter havido um aumento no consumo significativo da ração e o ganho de peso ter aumentado, mas não significativamente, foram causas suficientes e evidentes para melhorar a viabilidade econômica no uso da SID.

Estes resultados concordam com os de Toledo et al. (2011), avaliando dois tipos de SID em três porcentagens de inclusão de 4,5; 9,0, e 13,5% para leitões puderam concluir que os dois tipos de soja (com e sem casca), podem ser incluídos na dieta de leitões até o maior nível estudado, pois os autores observaram redução linear no custo da ração por quilograma de ganho de peso com o aumento de inclusão da SID com casca e da SID sem casca para a fase total. Os autores inferiram que seu uso até essa porcentagem vai depender da relação de preço entre os ingredientes.

Quanto a enzima, não alterou o custo das rações tanto sem o SID quanto nas dietas com SID, em todas as fases do animal estudadas, elucidando a possibilidade de sua suplementação em dietas para suínos, isto pode ter ocorrido devido à valorização da enzima, ocorrendo uma redução no custo da ração com a sua adição na dieta. Por outro lado, Biancalana et al. (2018), ao adicionarem o complexo multienzimático (Fitase, Protease, Xilanase, B-glucanase, Celulase, Amilase e Pectinase), na forma *on top* na dieta de suínos em fase de terminação encontraram um maior custo da ração e inviável índice econômico.

## 6. CONCLUSÕES

A soja integral desativada apresentou valor de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio de 4656 kcal/kg e coeficiente de metabolização de matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta respectivamente de 83,77%; 84,44% e 89,19%. Os resultados encontrados nesta pesquisa se mostram relevantes, porque indicam que a utilização de SID em dietas para suínos em crescimento e terminação proporciona um desempenho satisfatório e melhor eficiência econômica, enquanto as dietas com enzima protease quando adicionada com valorização nutricional não aumenta o custo das dietas destes animais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaça**. Estrela, 1973. 17 p. (Publicação Técnica, 2).

AL-WESALI, M., LAMBERT, N., WELHAM, T., DOMONEY, C. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the in vitro digestibility of casein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v.68, n.4, p.431-437, 1995.

AMORIM, A. B.; THOMAZ, M.C. ; RUIZ, U.S. ; PASCOAL, L.A.F. ; WATANABE, P.H. ; MARTINEZ J. F. ; Daniel, E ; Martins, M.I.E.G. ; Masson, G. C. I. H. . Avaliação econômica da utilização de diferentes níveis de polpa cítrica com ou sem adição de complexo enzimático nas dietas de suínos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, p. 1181-1190, 2011.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis: of the AOAC International, v.42, n.1, 1995.

ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. **Poultry Science**, v.69, n.1, p.76-82, 1990a.

ARABA, M.; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of underprocessing of soybean meal. **Poultry Science**, v.69, n.8, p.1749-1752, 1990b.

BELLAVER, C.; SNIZEK, P. N., Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: Congresso Brasileiro de Soja, 2011, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 183-199, 2011.

BERTOL, T. M. ZANOTTO, D. L.; COLDEBELLA, A.; LUDKE, J.V. Development and validation of equations to predict the metabolizable energy value of corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 1, p. 291-301, 2017.

BERTOL, T. M.; MORES, N.; LUDKE, J. V.; FRANKE, R. M. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n. 1, p. 150-157, 2001.

BIANCALANA, R. F. et al. Complexo multienzimático na dieta de suínos em terminação. Biancalana et Al. **Complexo Multienzimático Na Dieta de Suínos em Terminação** *Scientific Electronic Archives*, Dois Vizinhos, v. 11, n. 6, p. 78-82, dez. 2018. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/575/pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

BORGES, S.A., SALVADOR, D., IVANOVSKI, R. A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: **Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal**. Campinas CBNA p.21-66, 2003.

BRUM, P. A. R.; LIMA, G. J. M. M.; AVILA, V. S.; LANZMASTER, M.; ARDIGÓ, R. **Características nutricionais da soja desativada por diferentes processos térmicos para alimentação de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa, **Comunicado Técnico** 451. 2006. 5 p. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/962479/1/DCOT451.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CLAUS, Adenise Bottcher. **Soja integral desativada a vácuo - implicações na qualidade física da ração e desempenho de frangos de corte**. 2022. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2022. Cap. 3.

COÊLHO, J. D.; XIMENES, L. F. Complexo Soja. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 5, n. 131, setembro, 8 p., 2020. ETENE - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, BNB - Banco do Nordeste, Fortaleza/CE.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**. Disponível: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 21 mai. 2021.

DETMANN, E.; SILVA, L.F. C.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. **Métodos para análise de alimentos**. 2ª edição (INCT - Ciência animal). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021. 350p.

DEI, Hertbert K. Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry. **Recent Trends For Enhancing The Diversity And Quality Of Soybean Products**, Tamale, 28 out. 2011. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/17601>.

DIGGS, B. G.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; NORTON, H. W. Energy value of various feeds for the young pig. **Journal of Animal Science**, v. 24, p. 555–558, 1965.

ELLERY, E. A. C.; WATANABE, P. H.; BERTOL, T. M.; FREITAS, E. R.; NASCIMENTO, G. A. J. Equações de predição dos valores energéticos do farelo de soja para suínos em crescimento com validação ex post. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 873-880, 2015.

FRANCO, L. G. Medidas adotadas na nutrição animal visando à saúde intestinal. 2010. Nutrition for Tomorrow. Disponível em: <http://www.nftalliance.com.br/>. Acesso em: 19 mai. 2021.

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.

FREITAS, E.R. **Avaliação nutricional de alguns alimentos processados para aves por diferentes metodologias e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2003. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2003.

GUIDONI, A. L. Melhoria de processos de tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. Anais... Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 221-234.

ISAKSEN, M.F.; COIESON, A.J.; KRAGH, K.M. Starch-and protein degrading enzymes: biochemistry, enzymology and characteristics relevant to animal feed use. In: BEDFORD,

M.R.; PARTRIGDE, G.G. Enzymes in farm animal nutrition.: 2 ed. London, UK, 2011. p. 85-94.

LIMA, Carolyn Batista et al. Fatores antinutricionais e processamento do grão de soja para alimentação animal. *Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande*, v. 4, n. 10, p. 24-33, out./dez. 2004.

LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V.; ARAUJO, J. A.; LIMA, C. B.; OLIVEIRA, E. R. A. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.

LUDKE, M. C. M. M.; LIMA, G. J. M. M.; LANZMASTER, M.; ARDIGÓ, R. Soja integral processada de diferentes formas para uso em dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1566-1572, 2007 (supl.)

MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O.; RODRIGUEZ, N. M.; MARINHO, P. C.; SILVA, F.O.; AROUCA, C. L. C.; SILVA, F. C. O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.56, n. 1, p.207-213, 2004.

MIN, Yejin et al. Effects of dietary mixture of protease and probiotics on growth performance, blood constituents, and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal Of Animal Science And Technology**, [S.L.], v. 61, n. 5, p. 272-277, set. 2019. Korean Society of Animal Science and Technology. <http://dx.doi.org/10.5187/jast.2019.61.5.272>.

NERY, Víctor Libardo Hurtado; LIMA, José Augusto de Freitas; MELO, Rosana Coelho de Alvarenga e; FIALHO, Elias Tadeu. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 794-802, jun. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982000000300022>.

NITSAN, Z.; DVORIN, A.; ZOREF, Z. et al. Effect of added soybean oil and dietary energy on metabolisable and net energy of broiler diets. **British Poultry Science**, v.38, p.101-106, 1997.

OLIVEIRA, E. L.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE, J. V.; BERTOL, T. M. GUIDONI, A. L.; SALVAGNI, G. Desempenho de leitões na fase de creche alimentados com rações contendo proteína concentrada de soja. **Acta Sci., Anim. Sci.**, v. 34, n. 2, p. 131-136,2012.

OLIVEIRA JUNIOR, Juahil Martins et al. Acidificante e digestibilidade de nutrientes em suínos em crescimento. **Cienc. Anim. Bras**, Goiânia, v. 10, n. 8, p. 1-10, fev. 2017.

OPALINSKI, M.; ROCHA, C.; MAIORKA, A.; DALKE, F.; SILVA, A. V. F.; BORGES, S. A. Impacto de enzimas e da granulometria sobre a digestibilidade da soja desativada para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 16, n. 2, p. 84-91, 2011.

PAYLING, L. et al. Effects of a multi-strain *Bacillus* spp. direct-fed microbial and a protease enzyme on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbiota, and noxious gas emissions of grower pigs fed corn-soybean-meal-based diets—A meta-analysis1. **Journal Of Animal Science**, [S.L.], v. 95, n. 9, p. 4018-4029, 1 set. 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2017.1522>.

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

PEKAS, J.J.; WOLF, W.J.; BAKER, E.C. Protease inhibitors in plant foods: content and inactivation. In: FRIEDMAN, M. (Ed.). Nutritional and toxicological significance of enzyme inhibitors in food. New York: Plenum Publishing, 1986. p. 216-220.

ROCHA, C. et al. The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility, and pancreas weight of broilers. *The Journal of Applied Poultry Research*, Oxford, v. 23, n. 1, p. 71-79, 2014.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIRA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Imprensa Universitária/ UFV, 4ª ed., 2017. 488 p.

RUIZ, Urbano dos Santos et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 458-468, mar. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982008000300011>.

Sakomura, N. K. and H. S. Rostagno. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Editor FUNEP, Jaboticabal. 2016.

SAKOMURA, N.K. Uso da soja integral na alimentação de aves. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: CBNA, 1996. p.26-38.

SITE NUTRINEWS - **Produção de ração animal tem expectativa de crescimento de 2,3% para 2021**. Disponível em: <https://nutrnewsbrasil.com/producao-de-racao-animal-temexpectativa-de-crescimento-de-2,3-para-2021>. Acesso em: 21 mai. 2021.

THOMAZ, Maria Cristina et al. Digestibilidade da soja semi-integral extrusada para leitões na fase inicial. **Ciência Animal Brasileira**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 237-242, 28 set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v13i3.14403>.

TEIXEIRA, Alexandre de Oliveira et al. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 900-906, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982005000300023>.

TRINDADE NETO, Messias Alves da *et al.* Energia Metabolizável e Lisina Digestível para Suínos na Fase de Crescimento, Criados em Condições de Segregação Sanitária. **R. Bras. Zootec.**, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 1980-1989, jun. 2005.

TOLEDO, J. B.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I.; PIANO, L. M.; CARVALHO, P. L. O.; OLIVEIRA, G. C. Avaliação nutricional de soja integral desativada e desempenho de leitões na fase de creche. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 63, n. 5, p. 1191-1199, 2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2017. KS, SOYA BEAN, UPC: 610232000367. **Branded Food ProductsDatabase**, Release June, 2017. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde/2010s/2017/wasde-01-12-2017.pdf>. Acesso em: 19 maio 2021.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2020 Production, Supply and Distribution (PSD) on line. Disponível: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 21 mai. 2021.

VOHRA, P.; KRATZER, F.H. Evaluation of soybean meal determines adequacy of heat treatment. **Feedstuffs**, v.63, p.22-28, 1991.