

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DIGESTIBILIDADE DE DIETAS E METABOLISMO EM  
FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS ALIMENTADOS  
COM SOJA INTEGRAL PROCESSADA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AMANDA d'ÁVILA CARVALHO**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2006**

**DIGESTIBILIDADE DE DIETAS E METABOLISMO EM  
FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS ALIMENTADOS COM  
SOJA INTEGRAL PROCESSADA**

**por**

**Amanda d'Ávila Carvalho**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, Área de Concentração  
Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

Orientador: Prof. Dr. Irineo Zanella

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

Carvalho, Amanda d'Ávila, 1982-

C331d

Digestibilidade de dietas e metabolismo em frangos de corte e suínos alimentados com soja integral processada / por Amanda d'Ávila Carvalho ; orientador Irineo Zanella. - Santa Maria, 2006. 99 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2006.

1. Zootecnia 2. Frango de corte 3. Suíno 4. Soja integral 5. Processamento a vapor 6. Processamento a vácuo 7. Digestibilidade I. Zanella, Irineo, orient. II. Título

CDU: 636.52/.58.033

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**DIGESTIBILIDADE DE DIETAS E METABOLISMO EM FRANGOS DE  
CORTE E SUÍNOS ALIMENTADOS COM SOJA INTEGRAL  
PROCESSADA**

elaborada por  
**Amanda d'Ávila Carvalho**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**Comissão Examinadora:**

**Irineo Zanella, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Paulo Alberto Lovatto, PhD**  
(Co-orientador)

**Alexandre de Mello Kessler, Dr. (UFRGS)**

Santa Maria, 24 de novembro de 2006.

## **Dedicatória**

À minha mãe, por acreditar na importância da educação, pelo esforço para a minha formação pessoal e profissional, pela torcida.

Ao Luciano, pelo amor, por ser o alicerce nos momentos difíceis, uma fonte de incentivo e um exemplo de determinação.

## **Agradecimentos**

À Deus pela saúde e amparo em muitos momentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de uma bolsa de estudos e por estimular a continuidade do processo educacional.

Ao Programa de Pós - Graduação em Zootecnia (PPGZ) da Universidade Federal de Santa Maria, RS, pela oportunidade.

À secretária executiva Olirta pela amizade e sugestões oportunas.

Ao professor Irineo Zanella pelo carinho de pai, incentivo, orientação e por estar presente na minha formação mais uma vez.

Ao professor Paulo Alberto Lovatto pela amizade, conhecimentos transmitidos, orientação, oportunidades e confiança em mim e em meu trabalho.

Aos professores do PPGZ pela amizade e dedicação aos pós - graduandos. Especiais agradecimentos aos professores José Henrique Souza da Silva e João Radünz Neto.

Ao LAMIC (Laboratório de Análises Micotoxicológicas) e ao professor Carlos Augusto Mallmann pela amizade, confiança, conselhos, e preocupação.

Ao professor Gerson Guarez Garcia pela amizade, apoio, auxílio e sugestões.

À Werner Wagner da Delta Indústria de Equipamentos Agroindustriais Ltda. pela amizade, apoio, ensinamentos e interesse no desenvolvimento deste trabalho.

À Cláudio Sartor da San Lac Panapharm pela amizade e apoio na realização desta pesquisa.

À Irineu Brugalli e à Dour Frangosul pelo apoio e interesse nos experimentos.

Ao Setor de Suínos, aos bolsistas, colaboradores e funcionários que diariamente contribuem para a concretização das pesquisas, especiais agradecimentos às sempre amigas Ines, Eloiza e Cheila. Aos amigos Bruno, Guilherme, Marco e Neimar.

À equipe do Laboratório de Nutrição Animal, ao Clóvis e ao professor Gilberto Kozloski pelo auxílio e paciência.

Aos amigos e colegas do curso de mestrado.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Se você não puder ser um pinheiro no tôpo da colina,  
Seja um arbusto no vale - mas seja  
O melhor arbusto à margem do regato:  
Seja um ramo, se não puder ser uma árvore.

Se não puder ser um ramo, seja um pouco de relva,  
E dê alegria a algum caminho:  
Se não puder ser almíscar, seja então, apenas uma tília - Mas a tília mais  
viva do lago!

Não podemos ser todos capitães; temos de ser tripulação.  
Há alguma coisa para todos nós aqui.  
Há grandes obras e outras menores, a realizar,  
E é a próxima a tarefa que devemos empreender.

Se você não puder ser uma estrada, seja apenas uma senda,  
Se não puder ser Sol, seja uma estrêla;  
Não é pelo tamanho que terá êxito ou fracasso -  
Mas seja o melhor do que quer que você seja!

(Douglas Malloch, 1877-1938)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b><u>CAPÍTULO 1 - SOJA: ESTUDO BIBLIOGRÁFICO</u></b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Histórico</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2 Utilização</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3 Cenário nacional</b> .....	<b>18</b>
<b>1.4 Soja na alimentação animal</b> .....	<b>19</b>
1.4.1. Limitações - substâncias antinutritivas.....	19
1.4.2. Farelo .....	21
1.4.3. Óleo.....	22
1.4.4. Soja integral.....	23
1.4.5. Processamento térmico .....	25
1.4.6. Indicadores de qualidade .....	27
1.4.7. Resposta animal .....	28
1.4.7.1 Frangos de corte .....	28
1.4.7.2 Suínos .....	30
1.4.8. Processos alternativos.....	32
<b><u>CAPÍTULO 2 - DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS E METABOLISMO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO SOJA INTEGRAL PROCESSADA</u></b> .....	<b>33</b>
<b><u>CAPÍTULO 3 - DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS E METABOLISMO DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO SOJA INTEGRAL PROCESSADA</u></b> .....	<b>52</b>
<b><u>CAPÍTULO 4 - DISCUSSÃO GERAL</u></b> .....	<b>71</b>
<b><u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</u></b> .....	<b>76</b>
1. Frangos de corte.....	76
2. Suínos .....	76
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>77</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>98</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da soja processada a vácuo ou a vapor .....	46
Tabela 2 - Ingredientes, composição calculada e analisada das dietas experimentais .....	47
Tabela 3 - Balanço do nitrogênio de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor e controle de qualidade das sojas processadas .....	49
Tabela 4 - Consumo, metabolizabilidade e energia metabolizável de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para frangos de corte .....	50
Tabela 5 - Matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis e energia metabolizável da soja processada a vácuo ou a vapor .....	51
Tabela 6 - Composição analisada dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais .....	58
Tabela 7 - Ingredientes, composição calculada e analisada das dietas experimentais .....	59
Tabela 8 - Consumo, metabolizabilidade e energias digestível e metabolizável de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para suínos .....	61
Tabela 9 - Balanço do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor e controle de qualidade das sojas processadas .....	63
Tabela 10 - Digestibilidade do fósforo de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para suínos .....	65
Tabela 11 - Matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia digestível e energia metabolizável da soja processada a vácuo ou a vapor .....	67

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores por unidade experimental de peso vivo, ganho médio diário, consumo de ração, conversão alimentar e digestibilidade da matéria seca de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	86
APÊNDICE B – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	87
APÊNDICE C – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo da energia de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada .....	88
APÊNDICE D – Valores por unidade experimental de digestibilidade do fósforo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	89
APÊNDICE E – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do extrato etéreo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	90
APÊNDICE F – Valores por unidade experimental de consumo e digestibilidade da matéria seca de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	91
APÊNDICE G – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do nitrogênio de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	92
APÊNDICE H – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo da energia de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	93

APÊNDICE I - Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do extrato etéreo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor .....	94
APÊNDICE J – Produção bibliográfica durante o curso de mestrado .....	95

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Frangos de corte – Sala experimental e baterias metálicas.....	98
Anexo 2 - Frangos de corte – Gaiola com bandeja coletora de excretas .....	98
Anexo 3 - Suínos – Sala experimental e gaiolas metabólicas .....	99
Anexo 4 - Unidade de desativação de soja a vácuo.....	99
Anexo 5 - Equipamento para desativação de soja a vapor .....	99

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### DIGESTIBILIDADE DE DIETAS E METABOLISMO EM FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS ALIMENTADOS COM SOJA INTEGRAL PROCESSADA

AUTORA: AMANDA D'ÁVILA CARVALHO  
ORIENTADOR: IRINEO ZANELLA  
CO-ORIENTADOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

**Local e Data da Defesa: Santa Maria, 24 de Novembro de 2006.**

O objetivo desta dissertação foi realizar dois estudos para avaliar o valor nutricional de dietas contendo soja integral processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ) e da  $SI_{vac}$  e  $SI_{vap}$  para frangos de corte e suínos. O estudo 1 avaliou a digestibilidade das dietas, das sojas e o metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle - DC; DC com substituição isométrica de 40% de  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ ; dieta com  $SI_{vac}$  e dieta com  $SI_{vap}$ ). A ingestão de N foi 23 e 20% menor ( $P < 0,01$ ) para as aves alimentadas com dietas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$  em relação ao grupo controle. A excreção, digestibilidade e absorção do N não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelas dietas. A excreção de energia foi 19 e 22% menor ( $P < 0,01$ ) para as aves alimentadas com  $SI_{vac}$  na dieta em relação ao grupo controle e àquele alimentado com dieta com  $SI_{vap}$ . A dieta com  $SI_{vac}$  melhorou ( $P < 0,01$ ) a digestibilidade e a metabolização da energia. A energia metabolizável aparente corrigida para retenção de N ( $EM_n$ ) foi 12% superior ( $P < 0,01$ ) à da dieta com  $SI_{vap}$  e similar a da dieta controle. A matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis, as energias metabolizável aparente e  $EM_n$  foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) para a soja integral processada a vácuo ou a vapor. A digestibilidade e a absorção do nitrogênio não são influenciadas por dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor. O processo a vácuo para a soja integral melhora a digestibilidade da energia bruta e a energia metabolizável aparente das dietas. Para os tipos de soja estudados, os nutrientes digestíveis, a energia

metabolizável aparente e corrigida para retenção de nitrogênio são similares. O estudo 2 avaliou a digestibilidade das dietas, das sojas e o metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle - DC; DC com substituição isométrica de 40% de  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ ; dieta com  $SI_{vac}$  e dieta com  $SI_{vap}$ ) e quatro repetições de um animal. A ingestão, excreção urinária de energia e energias digestível e metabolizável das dietas não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelo processamento da soja. Os animais alimentados com dieta contendo  $SI_{vac}$  excretaram 56% mais energia ( $P<0,05$ ) nas fezes que os alimentados com a dieta controle. A digestão e o metabolismo do N não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelo tipo de processamento da soja. A digestibilidade do P, o P fecal e absorvido não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as dietas. Para a soja integral, os teores digestíveis de proteína e energia foram 10,4 e 4,0% superiores ( $P<0,01$ ) com o processamento a vácuo. A soja processada não altera a digestibilidade das dietas nem o metabolismo de suínos, exceto a digestibilidade da energia bruta, que é reduzida. O processamento a vácuo melhora os teores digestíveis de proteína e energia da soja integral para suínos.

Palavras-chave: digestibilidade; frango de corte; processamento a vácuo; processamento a vapor; soja integral; suíno

## ABSTRACT

Dissertation of Master  
Program of Post-Graduation in Animal Science  
Federal University of Santa Maria

### **DIGESTIBILITY OF DIETS AND METABOLISM IN BROILERS AND PIGS FED WITH FULL-FAT SOYBEAN**

AUTHOR: AMANDA D'ÁVILA CARVALHO  
ADVISOR: IRINEO ZANELLA  
CO-ADVISOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

**Site and Date of Defence: Santa Maria, November, 24, 2006.**

The purpose of this dissertation was to realize two studies to evaluate the nutritional value of diets containing full-fat soybean processed by vacuum (FFS<sub>vac</sub>) or by steam (FFS<sub>stm</sub>) and of FFS<sub>vac</sub> and FFS<sub>stm</sub> for broilers and pigs. The study 1 evaluated the digestibility of diets, of soybeans and the metabolism of broilers fed with diets containing processed full-fat soybean. The experimental design was completely randomized with five treatments (control diet - CD, CD with isometric substitution of 40% FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub>; diet with FFS<sub>vac</sub> and diet with FFS<sub>stm</sub>). The N intake was 23 and 20% less ( $P < 0.01$ ) to the broilers fed with diets containing FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub> in relation to control group. The excretion, digestibility and absorption of N were not influenced ( $P > 0.05$ ) by the diets. The excretion of energy was 19 and 22% less ( $P < 0.01$ ) to the broilers fed with FFS<sub>vac</sub> in the diet in relation to control group and those fed with FFS<sub>stm</sub> in the diet. The diet with FFS<sub>vac</sub> enhanced ( $P < 0.01$ ) the digestibility and the metabolization of energy. The apparent metabolizable energy corrected for retention of N (ME<sub>n</sub>) was 12% higher ( $P < 0.01$ ) to the one fed of diet with FFS<sub>stm</sub> and similar to control diet. The dry matter, protein and ether extract digestibles, the apparent metabolizable energy and ME<sub>n</sub> were similar ( $P > 0.05$ ) for full-fat soybean processed by vacuum or by steam. The digestibility and absorption of N are not influenced by diets containing full-fat soybean processed by vacuum or by steam. The vacuum processing for full-fat soybean improves the digestibility of gross energy and the apparent metabolizable energy of diets. For the studied soybean types, the digestible nutrients, the apparent metabolizable energy and corrected to nitrogen retention are similar. The study 2 evaluated the digestibility of diets,

of soybeans and the metabolism of pigs fed with diets containing processed full-fat soybean. The experimental design was completely randomized with five treatments (control diet - CD, CD with isometric substitution of 40% FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub>; diet with FFS<sub>vac</sub> and diet with FFS<sub>stm</sub>) and four replications with one animal. The intake, urinary excretion of energy and digestible and metabolizable energy were not influenced ( $P>0.05$ ) by the type of FFS processing. The animals fed diet containing FFS<sub>vac</sub> excreted 56% more energy ( $P<0.05$ ) in their feces than animals fed the control diet. The digestion and N metabolism were not influenced ( $P>0.05$ ) by the type of FFS processing. The digestibility of P, the fecal and the retained P did not differ ( $P>0.05$ ) between the diets. For FFS, the digestible contents of protein and energy were 10.4 and 4.0% higher ( $P<0.01$ ) with vacuum processing. The processed soybean does not affect the digestibility of diets neither the metabolism of pigs, except the digestibility of gross energy, which is reduced. The vacuum processing improves the digestible contents of protein and energy of full-fat soybean.

Key-words: broiler; digestibility; full-fat soybean; pigs; steam processing; vacuum processing



## INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne de frango e suína no último ano foi cerca de 9,3 e 2,7 milhões de toneladas, respectivamente. Em 2005, as exportações foram 17 e 21% superiores ao ano anterior, indicando abertura de novos mercados (ABEF, 2005; ABIEPCS, 2005). O desenvolvimento genético para velocidade de crescimento e eficiência alimentar de aves e suínos favoreceu a conquista de espaço dessas espécies no mercado mundial. Esse desenvolvimento levou à formulação de dietas nutricionalmente mais densas.

O farelo de soja e o milho são os ingredientes básicos nas formulações de rações para monogástricos. Esses dois ingredientes não atendem as exigências energéticas de aves e suínos. Dessa forma, a indústria da nutrição animal utiliza cerca de 3% de óleo vegetal nas dietas. Essa prática permite o ajuste energético, mas eleva o custo e dificulta a fabricação das rações.

A soja integral é uma excelente fonte protéica (36 a 40%) para frangos de corte e suínos, o que associado a concentração lipídica (18 a 22%) a torna alternativa ao farelo de soja e ao óleo vegetal. As substâncias antinutritivas, como inibidores de proteases e lectinas impedem a utilização *in natura* da soja (Liener, 2000). Por serem termolábeis, essas substâncias são inativadas pelo calor. Várias tecnologias foram desenvolvidas para inativação, buscando manter a qualidade nutricional da soja, como a extrusão, tostagem, micronização e microondas.

As vantagens técnicas e econômicas da soja integral têm estimulado sua utilização pela indústria e produtores. Isso favoreceu o surgimento de novas tecnologias de processamento que utilizam vapor combinado com vácuo ou unicamente vapor.

As pesquisas com soja integral obtida por processos a vácuo ou a vapor em digestibilidade e metabolismo de frangos de corte e suínos são escassas. Esta dissertação tem, portanto, o objetivo de apresentar dois trabalhos experimentais. Esses trabalhos estudaram o valor nutricional de dietas contendo soja integral processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ) e da  $SI_{vac}$  e  $SI_{vap}$  para frangos de corte e suínos. Este documento é composto por um estudo bibliográfico do tema, dois artigos científicos,

discussão geral e resultados complementares dos estudos e as principais conclusões obtidas.

## CAPÍTULO 1

### SOJA: ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

#### 1.1 Histórico

A soja [*Glycine max (L.) Merrill*] é originária da China, antiga Manchúria, onde os primeiros relatos da leguminosa datam do século IX a.C. Uma referência clássica consta em “Matéria Médica”, obra do Imperador Sheng-Nung, em 2838 a.C. Nessa obra plantas como o arroz, trigo, cevada, milho e a soja eram consideradas essenciais à estabilidade da civilização chinesa (Bonato & Bonato, 1987).

Entre os séculos XIV e XIX, a soja foi introduzida nos jardins botânicos e estações experimentais de alguns países, como a Alemanha, França, Holanda, Inglaterra, e Suíça. Na América, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (EUA) enfatizou as pesquisas com a oleaginosa. Isso fez com que o potencial de cultivo fosse reconhecido em 1880. A grande expansão da cultura, no entanto, ocorreu mais tarde, em 1920 (Shurtleff & Aoyagi, 2004).

Nas décadas de 20 e 30 as pesquisas objetivavam o desenvolvimento de novas variedades, que até então eram poucas. Nesse período, o teor de óleo e proteína do grão despertou interesse das indústrias mundiais. Na década de 40, a China era o maior produtor mundial de soja, posição comprometida, em seguida, com a Segunda Guerra Mundial. Até então a soja era essencialmente utilizada na alimentação humana. Em 1950, no entanto, o uso de soja na alimentação animal foi significativo nos EUA. Na época foram destinadas 25 milhões de toneladas anuais para aves, bovinos e suínos (Embrapa, 2006).

No Brasil a soja foi introduzida em 1882, na Bahia (Borges et al., 2003). No país foi cultivada e estudada em algumas instituições, sobretudo para alimentação de famílias de imigrantes japoneses. No Rio Grande do Sul a evolução da cultura foi mais consistente. Nesse estado, em 1949, ocorreu a primeira exportação brasileira, com cerca de 18 mil toneladas.

Em 1976 o Brasil participava com 16% da produção mundial de soja. O aprimoramento nas técnicas de produção e o desenvolvimento de cultivares adaptados às condições do país favoreceram a expansão da área cultivada. Na época, a política econômica favorecia o cultivo de alimentos destinados à exportação e para fins energéticos (Igreja et al., 1988). Isso contribuiu para a redução em área plantada do algodão, amendoim e o feijão.

Atualmente, a soja é cultivada na maior parte do território brasileiro. Devido a condições climáticas favoráveis, o Mato Grosso é o Estado com maior produtividade por hectare, com aproximadamente quatro toneladas.

## **1.2 Utilização**

A soja vem sendo utilizada com os mais diversos propósitos. Antigos textos chineses relatavam o uso do grão para fabricação de combustíveis, cosméticos, fertilizantes, lubrificantes e produtos farmacêuticos. Nas décadas de 30 e 40, foram desenvolvidos diversos produtos a base de soja, como adesivos, fibras têxteis e plásticos. Em 1980, a preocupação com questões relacionadas ao meio-ambiente, como degradabilidade e utilização de recursos naturais, estimulou o uso de produtos da soja. Atualmente, as pesquisas aprimoram a fabricação de adesivos, adubos, combustíveis, cosméticos, desinfetantes, fibras têxteis, inseticidas, produtos farmacêuticos, sabões, solventes e tintas (Tao, 1997).

Na alimentação humana, a soja é a principal fonte vegetal de proteínas e óleo. Nos países orientais é base da nutrição de populações de baixa renda. No ocidente, a aceitação como alimento natural é pequena, devido ao “beany flavour” (Yamada et al., 2003). Na indústria alimentícia, no entanto, a soja é amplamente utilizada. O farelo e a farinha, a proteína concentrada, isolada ou texturizada, a lecitina, o óleo e a soja integral processada são os subprodutos mais usados. A proteína é empregada na produção de aditivos, bebidas, carnes, doces, massas e pães. A lecitina atua como emulsificante e estabilizante de gorduras. O óleo é usado em antibióticos, azeites,

maioneses e margarinas. Quando aquecida ou processada, a soja é matéria-prima de biscoitos, doces e temperos (ASA, 2005).

Na alimentação animal, dietas com uso de soja têm sido destinadas a monogástricos, ruminantes e a aqüicultura. Na composição dessas dietas fazem parte o óleo, a torta, as proteínas isoladas de soja, o farelo ou o grão inteiro. Na década de 60 iniciaram-se os primeiros estudos sobre o uso de soja integral na alimentação de monogástricos (Benabdeljelil, 1999). A partir de então, a utilização da matéria-prima está em expansão nos sistemas de produção de aves e suínos.

### **1.3 Cenário nacional**

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com produção média anual de 50 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2005). O processamento do grão para extração do óleo é o princípio da obtenção de diversos subprodutos utilizados na alimentação humana e animal. No estudo bibliográfico em questão será considerado apenas o processamento para obtenção do óleo, farelo e posteriormente da soja integral.

A maior parte do óleo de soja é produzida através de extração por solvente, sendo o hexano o mais utilizado (Paraíso et al., 2003). No processo, os grãos são triturados e aquecidos para a laminação. Nessa fase o produto é comprimido, originando a soja expandida, que produz o farelo e a miscela, mistura de óleo e solvente. A destilação ou evaporação do solvente separa esses componentes. O óleo remanescente é degomado através de adição de água e centrifugação, estando apto ao refino. O farelo de soja é transportado à tostagem para inativação dos fatores antinutricionais e recuperação de parte do solvente (Bellaver & Snizek Jr., 1999).

A produção brasileira de óleo e farelo de soja é de cerca de 5 e 22 milhões de toneladas, respectivamente. No Rio Grande do Sul, o processamento diário é de aproximadamente 22 mil toneladas de grão. A participação do óleo de soja na cadeia alimentícia da população é expressiva. Em torno de 90% do óleo vegetal consumido no Brasil é derivado da soja. A produção nacional, no entanto, é condicionada à demanda do mercado externo pelo farelo. O Brasil exporta 14 milhões de toneladas do produto

(ABIOVE, 2006). O uso massivo tornou a oleaginosa fundamental para o sistema agroindustrial brasileiro.

#### **1.4 Soja na alimentação animal**

De maneira geral, o óleo e o farelo de soja participam na ordem de 3 e 20% nas dietas de aves e suínos. Esses setores consomem anualmente 86, 22 e 83% da produção brasileira de farelo, óleo e rações, respectivamente (SINDIRAÇÕES, 2006).

As primeiras tentativas de uso da soja na alimentação animal não tiveram êxito. Os animais apresentavam retardo no crescimento em relação à alimentação com outras fontes protéicas. Em 1917, esse efeito não foi observado quando Osborne e Mendel aqueceram a soja antes da incorporação às dietas. Posteriormente, foi esclarecido que o calor desnaturava algumas substâncias que interferiam na digestão. Apesar disso, até a década de 40, as farinhas de carne, ossos e peixe eram as principais fontes de proteína, minerais e vitaminas utilizadas nas rações. Em 1945, com a Segunda Guerra Mundial, houve acréscimo significativo na demanda por produção de carne. A importação de proteínas animais utilizadas nas dietas de bovinos, frangos e suínos, no entanto, estava limitada. Deste modo, na época, a soja foi considerada uma fonte de proteína potencial (Waldroup, 2002).

##### **1.4.1. Limitações - substâncias antinutritivas**

Em leguminosas, as substâncias antinutritivas atuam como proteção natural à planta. A soja contém inibidores de tripsina, lectinas, oligossacarídeos, saponinas, fatores goitrogênicos e fitato (Liener, 2000). Essas substâncias causam efeito negativo no desempenho dos animais. Em aves e suínos foram observados retardo no crescimento, diminuição na eficiência alimentar e hipertrofia do pâncreas quando alimentados com soja *in natura* na dieta (Palacios et al., 2004).

Os inibidores de tripsina, do tipo Bowman-Birk e Kunitz, representam de 6 a 10% da proteína total da soja. Por bloquearem a ação das enzimas pancreáticas, como a tripsina e quimiotripsina, prejudicam a digestão protéica. O inibidor Bowman-Birk inibe a tripsina e a quimiotripsina e é mais termoestável que o Kunitz. Este possui maior especificidade pela tripsina e é mais sensível ao processamento térmico (Silva & Silva, 2000). A baixa digestibilidade das proteínas da soja *in natura* contribui para a redução nos níveis de enzimas pancreáticas livres no intestino. Isso favorece a liberação de colecistoquinina, que estimula o pâncreas a produzir tripsina e quimiotripsina. Essa hiperatividade aumenta o tamanho do órgão, sobretudo em aves e roedores. As enzimas pancreáticas são ricas em aminoácidos sulfurados. A maior secreção dessas enzimas associada à baixa concentração de cistina e metionina na soja induzem à perda endógena de aminoácidos (Clarke & Wiseman, 2005).

As lectinas ou hemaglutininas são encontradas na maioria das plantas e interagem com células da mucosa intestinal, principalmente do duodeno e jejuno. A maioria das lectinas (60%) é resistente à ação enzimática do trato gastrointestinal. Em roedores, houve redução de 25% no crescimento quando alimentados com dietas à base de feijão cru. Isso pode ser atribuído às lesões provocadas pelas lectinas no epitélio intestinal interferindo na absorção dos nutrientes (Maenz et al., 1999).

A soja crua possui quantidades consideráveis de polissacarídeos não-amiláceos (Pna's) na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos. Os oligossacarídeos, estaquiose e rafinose representam de 4 a 6% do conteúdo nutricional da soja. Esses componentes aumentam a viscosidade da digesta, reduzindo a digestibilidade dos nutrientes devido a pouca interação entre substratos e enzimas na mucosa intestinal (Smiricky et al., 2002).

As saponinas são glicosídeos de sabor amargo, capazes de formar complexos insolúveis de difícil digestão. As saponinas alteram a permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de nutrientes (Liener, 2000). Os fatores goitrogênicos inibem a síntese de iodo pela glândula tireóide. Essa inibição aumenta a secreção de hormônio tiroestimulante (TSH) pela pituitária a fim de compensar a concentração reduzida de tiroxina. Conseqüentemente, há aumento da glândula tireóide, condição que pode ser revertida com a suplementação de iodo na dieta (Doerge & Sheehan,

2002). Os fitatos reduzem a biodisponibilidade de minerais dos grãos e sua concentração na soja varia de 1 a 2% (Godoy et al., 2005).

A maioria das substâncias antinutritivas é eliminada de forma parcial ou total com a aplicação de calor. Essas substâncias são desnaturadas em temperaturas que variam de 100 a 170<sup>o</sup>C. A partir da década de 50, o desenvolvimento de tecnologias para inativação das substâncias antinutritivas permitiu melhor utilização do farelo na alimentação animal. Geralmente, o tratamento térmico melhora o valor nutricional da soja (Mateos et al., 2002). Isso permitiu a utilização da soja nas dietas sem limitações em termos quantitativos, como ocorre com a maioria das leguminosas. Além disso, a síntese da vitamina B12 e a BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) foram determinantes para a substituição das proteínas animais pelas vegetais nas rações.

#### **1.4.2. Farelo**

O farelo de soja representa mais da metade da produção mundial de farelos protéicos. Os estudos de Osborne e Mendel a respeito da soja e suas substâncias antinutritivas foram essenciais para que o farelo se tornasse a fonte protéica mais utilizada nas dietas de aves, bovinos e suínos. Em uma dieta típica para frangos de corte ou suínos, aproximadamente 50% da proteína e aminoácidos e 25% da energia metabolizável provém do farelo de soja (Swick, 2001). Quando adequadamente tostado, há melhora na qualidade nutricional do farelo.

Comparado à outras fontes vegetais, o farelo de soja possui concentração elevada de proteína (40 a 48%) e lisina (2,7 a 2,9%). Apresenta alto valor biológico e digestibilidade da lisina, treonina, cistina e metionina. Esses dois últimos aminoácidos, contudo, são limitantes no farelo, com concentrações de 0,63 e 0,64%, respectivamente. Particularmente, o conteúdo em lisina é o de maior variação entre amostras. Além das condições agrônômicas e genéticas da soja, o clima é considerado o principal fator predisponente a essa característica.

O farelo de soja possui cerca de 5% mais energia bruta que o milho. A energia metabolizável (EM), no entanto, é aproximadamente 87% da EM do milho. O conteúdo



em óleo residual oriundo do processamento afeta o teor energético. Quando obtidos através de extração por solvente, a maioria dos farelos de soja contém de 0,75 a 1,5% de óleo residual e cerca de 2.335 a 3.280 kcal de energia metabolizável para aves e suínos (Bellaver & Snizek Jr., 1999). Outros componentes, como a fibra e os Pna's contribuem para a redução na energia metabolizável de dietas para monogástricos. A concentração de fibra do farelo de soja depende da estrutura da planta industrial, na qual há ou não adição de casca ao produto. Normalmente, o conteúdo em fibras varia de 7 a 3% para farelos com e sem casca, respectivamente. Nesses farelos a EM é de 2.140 e 2.285 kcal por kg de matéria seca (Swick, 2001).

A fibra e os Pna's reduzem a densidade nutricional do farelo de soja. Isso torna complicada a formulação de dietas mais densas do ponto de vista energético. A remoção dos Pna's pode ser uma alternativa para melhorar o valor nutricional do farelo. Essa remoção, no entanto, é de custo elevado devido a sua complexidade, necessitando de uma etapa adicional no processo de extração do óleo. O produto resultante, denominado proteína concentrada de soja, não apresenta viabilidade econômica favorável ao sistema de produção de aves e suínos (Waldroup, 2002).

### **1.4.3. Óleo**

A programação linear foi decisiva para a formulação de dietas à base de milho e farelo de soja. Somente com o uso dessas matérias-primas, no entanto, não era possível atender os níveis energéticos recomendados para frangos de corte e suínos. A partir da década de 40, com o desenvolvimento dos detergentes pela indústria, gorduras como sebo bovino ou óleo de soja passaram a ser utilizadas nas rações (Rostagno et al., 1999).

No Brasil, entretanto, as rações podiam ser consideradas de baixos níveis energéticos até a década de setenta. Posteriormente, estudos com frangos de corte e suínos demonstraram que o uso de óleo de soja nas dietas melhorava o desempenho. As primeiras pesquisas consideravam apropriada a inclusão de até 7,0% de óleo nas rações para frangos de corte jovens (Teixeira, 1974). Resultados similares foram obtidos com suínos alimentados com dietas contendo óleo de soja (Bertechini, 1983).

Na época o preço do óleo inviabilizava o uso nas rações. A utilização de óleo de soja tornou-se efetiva a partir de 1980 nas integrações da região sul, e, posteriormente, nas demais regiões brasileiras. Essa utilização aumentou o teor energético das dietas e melhorou o desempenho dos animais.

O óleo de soja é a fonte de gordura mais utilizada nas dietas, com inclusões que variam de 1 a 3%. Por prover cerca de 9 kcal por grama, eleva o conteúdo de energia metabolizável das rações. A redução na síntese de ácidos graxos devido ao efeito extracalórico do óleo determina maior disponibilidade de energia aos processos produtivos (Pucci et al., 2003).

O óleo de soja é rico em triglicérides, os quais estimulam a secreção de bile necessária à formação das miscelas (Cunningham, 1999). Os ácidos graxos predominantes são insaturados de cadeia longa ( $\geq 16$  carbonos). A concentração de ácido linoléico é elevada, podendo ser convertido em araquidônico e linolênico em presença da vitamina B6. O óleo de soja possui quantidades significativas de vitamina E que possui ação antioxidativa. O óleo nas dietas auxilia na absorção das vitaminas lipossolúveis, do cálcio e de pigmentos como o caroteno. Além disso, é fonte de esteróis que reduzem a absorção de colesterol (Torres, 1979).

A maior parte da soja produzida é destinada à extração de óleo. Esse óleo é refinado e comercializado ou utilizado na produção de alimentos de maior valor agregado. Ainda que os grãos de soja possam ser consumidos na forma integral por humanos e animais, apenas um sexto da produção é utilizada com essa finalidade (McKevith, 2005).

#### **1.4.4. Soja integral**

A soja integral tem sido utilizada em dietas de aves e suínos por algumas indústrias e produtores. O elevado teor lipídico do grão descarta a necessidade de incorporação de óleo vegetal às rações. As características nutricionais da soja integral são, em sua maioria, semelhantes ao farelo, o que a torna uma estratégia alimentar e nutricional.

A soja integral possui cerca de 18% de extrato etéreo e 35% de proteína (Rostagno, 2000). Variações nos teores nutricionais podem ocorrer em função de clima, solo, tipo de cultivo e variedade genética. A composição em aminoácidos (aa) da soja integral favorece a formulação de dietas para frangos de corte e suínos, exceto para os aa sulfurados, que apresentam baixos teores (Benabdeljelil, 1999; Borges et al., 2003). Devido ao elevado teor de extrato etéreo, a energia metabolizável é cerca de 46 e 18% superior à do farelo de soja para frangos de corte e suínos (Rostagno, 2000). Outros componentes contribuem para a maior energia metabolizável da soja integral, como os ácidos graxos poliinsaturados (linoléico e linolênico) e a lecitina. Esses ácidos são de fácil absorção no trato gastrointestinal de monogástricos. A lecitina favorece a digestão dos lipídios, devido sua ação emulsificante. O conteúdo em vitamina E auxilia na manutenção da qualidade e a disponibilidade de colina é da ordem de 76%. A soja também é fonte de ferro, fósforo, magnésio e zinco (Molitoris & Baker, 1976).

A soja integral melhora a palatabilidade e reduz o incremento calórico da dieta (Nitsan et al., 1997; Mateos & Salado, 1999). A ocorrência de temperaturas elevadas no Brasil favorece as perdas em desempenho e a mortalidade por estresse calórico. Em altas temperaturas, os animais consomem menos alimento, o que reduz a ingestão nutricional. O uso de soja integral permite ao nutricionista elevar os níveis nutricionais das dietas, sendo uma alternativa em regiões de temperaturas elevadas.

Atualmente, a viabilidade técnica do uso da soja integral é uma realidade. Essa viabilidade é associada a situações em que a utilização do óleo ou farelo é problemática. Dentre esses problemas cita-se o alto custo, conservação e mistura do óleo; baixa qualidade nutricional, escassez e custo desfavorável no mercado do farelo (Borges et al., 2003). Por essas razões, o uso desse ingrediente tem sido cogitado economicamente e nutricionalmente pelas indústrias e produtores. Juntamente com o milho, o óleo e o farelo de soja perfazem mais de 90% do volume da ração. A soja integral pode ser uma alternativa para a redução de custos produtivos, já que a alimentação animal responde por 70% deles.

#### 1.4.5. Processamento térmico

Na alimentação de monogástricos, as substâncias antinutritivas da soja inviabilizam sua utilização *in natura* (Liener, 1962; Liener, 2000). Por serem termolábeis, essas substâncias são inativadas em temperaturas de 100 a 170 °C (Mateos et al., 2002). Existem inúmeros processos para o tratamento térmico da soja. Esses processos objetivam além da inativação das substâncias antinutritivas, a manutenção da qualidade da proteína e o aumento da disponibilidade de óleo. As influências do processamento nas características nutricionais do grão e aspectos econômicos interferem na escolha do processo (Borges et al., 2003).

Em sojas subprocessadas, as substâncias antinutritivas se mantêm parcialmente ativas. Isso afeta negativamente a digestibilidade dos aminoácidos e, conseqüentemente, o desempenho dos animais. No superprocessamento, há formação do complexo aminoácido-carboidrato reduzido, ou reação de Maillard. Nessa reação, o grupo carbonila (=O) do carboidrato interage com o grupo amino (-NH<sub>2</sub>) do aminoácido ou proteína. A lisina é particularmente o aminoácido mais vulnerável, de forma que deve ser suplementada em dietas com soja integral superprocessada (Araba & Dale, 1990b). De maneira geral, o processamento pode ser classificado em: curto – alta temperatura em pouco tempo (130 - 170°C, 10 - 180 segundos) ou longo – menor temperatura em maior tempo (105°C, 15 – 30 minutos) (Mateos et al., 2002). A extrusão, a micronização e a tostagem (tambor rotativo ou jet-sploder) são exemplos de processos curtos. A autoclavagem, microondas e tostagem a vapor, processos longos. Normalmente, os processos curtos utilizam calor seco e os processos longos calor úmido. Entre os processos, a umidade, a temperatura e o tempo de exposição ao calor, são as principais variáveis. Outros aspectos como granulometria e intensidade do atrito nos grãos podem variar entre processamentos. Na literatura, a descrição das tecnologias de processamento da soja é extensa. Nesta revisão, serão considerados somente os processos comumente utilizados para o tratamento térmico.

O processo de extrusão utiliza pressão e temperatura elevadas (30-60 atm; 130 - 180 °C) em um curto período de tempo (10-30 seg). Além de térmico, a extrusão pode ser considerada um processo mecânico. Um cilindro fricciona os grãos no cone

extrusor. O atrito gerado expõe a fração lipídica da soja pela ruptura dos vacúolos lipídicos, o que favorece a digestão e a absorção da gordura pelos animais (Café et al., 2000a). Na extrusão úmida, há aplicação de vapor aos grãos antes do processo. Esse procedimento é mais eficaz em inativar as substâncias antinutritivas quando comparado à extrusão a seco. Outras vantagens da extrusão são a desnaturação das proteínas antigênicas (glicina e  $\beta$ -conglucina) e das lipoxigenases. As proteínas antigênicas estão ativas no farelo de soja e causam distúrbios digestivos em leitões jovens (Friesen et al., 1993a). As lipoxigenases são responsáveis pela rancificação oxidativa das gorduras. A extrusão permite a estocagem da soja por um período maior (Bellaver & Snizek Jr., 1999). O processo de extrusão melhora a digestibilidade dos nutrientes da soja, principalmente do amido e da proteína, sendo um dos processos mais eficientes nesse sentido (Herkelman et al., 1992). Em pressão e temperatura elevadas ocorre gelatinização do amido e alteração da estrutura das proteínas (Bataglia, 1990).

O processo de microondas é semelhante ao de uso doméstico, no qual o aquecimento é por meio de ondas de 0,1 a 100 centímetros. A energia produzida é absorvida pelas moléculas polares dos grãos, gerando calor no sentido interno-externo. Na micronização, os grãos passam por uma esteira vibratória sob raios infravermelhos. Esses raios penetram nos grãos agitando as moléculas de água, que elevam a temperatura até 220°C. Os grãos expandem sendo, posteriormente, laminados e triturados. No processo, há gelatinização do amido e ruptura dos vacúolos lipídicos (Benabdeljelil, 1999).

A tostagem é o processo mais utilizado para a desativação das substâncias antinutritivas da soja. Há vários métodos de tostagem no qual o calor é úmido ou seco e sua aplicação direta ou indireta. A tostagem a vapor utiliza ar úmido e a tostagem em tambor rotativo e jet sploder ar seco. Na tostagem a vapor, como na autoclavagem, a temperatura utilizada é relativamente baixa (100 - 130°C) em relação à dos outros tipos (140 – 170°C). Nos processos, basicamente, tubulações contendo roscas helicoidais movimentam os grãos de soja sob a fonte de calor. A tostagem mantém a integridade dos vacúolos lipídicos, o que assegura melhor proteção à oxidação rancidativa (Herkelman et al., 1992), mas reduz a disponibilidade do óleo. O processo de tostagem é um dos que pode comprometer a qualidade da proteína devido a aplicação direta de

calor seco. Os processos que utilizam calor úmido combinado com pressão são mais eficazes que os que utilizam calor seco (Van Soest, 1987).

#### **1.4.6. Indicadores de qualidade**

A qualidade da soja integral processada pode ser avaliada através de métodos diretos ou indiretos. No método direto ou “in vivo”, são determinados os coeficientes de digestibilidade dos principais nutrientes como a proteína, além da energia metabolizável. Os métodos “in vivo” são mais precisos, mas demandam maior custo, tempo e mão de obra para sua realização. Os métodos indiretos ou “in vitro” permitem a avaliação da efetividade e da qualidade do tratamento térmico da soja. Alguns desses métodos são de fácil execução, de custo relativamente baixo, rápidos e de boa acurácia. Devido a esses fatores, a atividade ureásica e a solubilidade protéica em hidróxido de potássio (KOH) são os métodos mais utilizados pela indústria.

A determinação da atividade ureásica consiste em uma mistura de soja com uréia. A urease, enzima presente na soja catalisa a reação de transformação da uréia em gás carbônico e amônia. Essa reação eleva o pH do meio, de forma que, quanto maior a alteração de pH em relação à amostra branco, maior é a atividade da urease. Existe correlação alta e positiva entre atividade de urease e inibidores de tripsina (Araba & Dale, 1990b). Na literatura os valores de  $\Delta\text{pH}$  aceitáveis situam-se entre 0,05 a 0,3 para a soja integral. Não há, no entanto, consenso quanto a índices ideais, além de que esses padrões não se aplicam a todo tipo de soja processada (Friesen et al., 1993b). Para sojas superprocessadas, a atividade ureásica é pouco eficiente como indicativo de redução da qualidade da proteína. Isso é justificado em razão do  $\Delta\text{pH}$  chegar rapidamente a zero com o aumento da temperatura ou do tempo de exposição ao calor.

A solubilidade protéica avalia o grau de desnaturação da proteína e a biodisponibilidade de aminoácidos. Valores acima de 85 e abaixo de 70% indicam sub e superaquecimento dos grãos, respectivamente (Araba & Dale, 1990a; b). Diferenças físicas entre processos térmicos podem intervir na determinação da solubilidade protéica. Há correlação alta e negativa entre a granulometria e solubilidade da proteína

dos grãos de soja (Whittle & Araba, 1992). Essa característica deve ser considerada na avaliação da efetividade do processamento térmico.

#### **1.4.7. Resposta animal**

O aumento na eficiência alimentar de aves e suínos implica no conhecimento da composição e digestibilidade dos alimentos. Diante disso, inúmeros trabalhos identificaram diferenças entre processos térmicos no que se refere ao valor nutritivo da soja integral para frangos de corte e suínos (Café et al., 2000a; Café et al., 2000b; Marty et al., 1994; Mendes et al., 2004; Freitas et al., 2005).

##### **1.4.7.1 Frangos de corte**

Utilizando a metodologia de coleta total de excretas com pintos na fase de crescimento, a energia metabolizável aparente corrigida ( $EMA_n$ ) da soja micronizada ( $4.296 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ MS}$ ) foi superior à de sojas extrusadas e tostadas ( $3.674$  e  $3.609 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ MS}$ ). No estudo, os autores atribuíram esse resultado ao maior conteúdo em energia bruta da soja micronizada ( $5.411 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ MS}$ ) e à remoção da casca da soja durante a micronização (Zonta et al., 2006).

Através da metodologia de coleta de excretas foram determinados com pintos a digestibilidade aparente do extrato etéreo, EM aparente e  $EM_n$  de sojas desativada e extrusada. Nesse estudo, usando a metodologia da alimentação forçada com galos adultos foi obtida a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos. Não houve diferença entre a digestibilidade dos aminoácidos da soja desativada e extrusada. Os índices de controle de qualidade, atividade ureásica e solubilidade protéica, foram dentro do padrão recomendado, indicando processamento adequado. O coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo foi inferior para a soja desativada ( $84,88$  vs  $94,07\%$ ). Essa menor digestibilidade está relacionada à menor acessibilidade das enzimas à gordura da soja desativada. Esse resultado pode ter influenciado a EM aparente, que foi inferior para a soja desativada ( $3.581$  vs  $3.755 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ MS}$ ). Após a correção para o balanço do N, as diferenças permaneceram. A soja desativada apresentou  $EM_n$  menor

que a soja extrusada (3.359 vs 3.503 kcal kg<sup>-1</sup> MS). Conforme os autores, soja desativada é o nome comercial do produto originado do pré-cozimento através de vapor sob vácuo (63-107<sup>o</sup>C, 4-8 kgf/cm<sup>2</sup>). Os custos por tonelada processada são menores em relação a outros processos com o mesmo objetivo (Freitas et al., 2005).

Entre sojas processadas, a digestibilidade do extrato etéreo e EM foi influenciada pela idade das aves. O efeito da idade da ave na digestibilidade da gordura de sojas extrusadas e tostadas foi quadrático. Esse efeito está associado ao crescimento do pâncreas e à atividade da lipase. Em aves jovens a digestão da gordura é limitada e dependente do crescimento pancreático (Sakomura et al., 2004). A absorção dos lipídeos é efetiva após os 14 dias de idade do frango, fase em que os enterócitos estão desenvolvidos (Macari et al., 1994). Entre processos, a digestibilidade do extrato etéreo da soja extrusada é superior à da soja tostada. A extrusão torna mais disponível o conteúdo lipídico da soja, o que melhora o aproveitamento da gordura e do amido. A EM<sub>n</sub> da soja extrusada apresentou comportamento semelhante ao da digestibilidade do extrato etéreo.

Na fase pré-inicial do frango de corte (1 - 7 dias), o consumo de ração é baixo em relação ao das outras fases. Esse consumo corresponde a somente 3,5% do total, o que justifica o uso de ingredientes de alta qualidade na formulação das dietas. Além disso, ingredientes de digestibilidade elevada favorecem o aproveitamento dos nutrientes, pois o sistema enzimático da ave jovem é pouco desenvolvido. Um estudo avaliou a EM<sub>n</sub> do farelo de soja e da soja micronizada para frangos na fase pré-inicial (Longo et al., 2004). A EM<sub>n</sub> da soja micronizada foi cerca de 49% superior à do farelo (4.068 vs 2.085 kcal kg<sup>-1</sup> MS). A soja processada por micronização apresenta pequena granulometria (30 a 300 µm), o que facilita a atuação enzimática no trato gastrointestinal.

A energia metabolizável verdadeira (EMV) de sojas micronizadas foi 24% superior em relação a sojas processadas em jet-sploder para galos adultos (Rodrigues et al., 2002a). Em outro trabalho, os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos foram 94,8 e 93,2% para sojas jet-sploder e micronizadas, respectivamente (Rodrigues et al., 2002b).

Em estudo de digestibilidade com frangos de corte, utilizando o método de coleta ileal, sojas extrusadas apresentaram melhores coeficientes de digestibilidade da



proteína do que sojas tostadas (83,4 vs 79,8%). Nesse estudo, o mesmo ocorreu com a digestibilidade do extrato etéreo de sojas extrusadas e tostadas (90,1 vs 82,4%) (Zanella et al., 1999).

#### 1.4.7.2 Suínos

A pouca atividade das enzimas gastrintestinais do leitão desmamado implica na alimentação com dietas de elevada digestibilidade (Lindeman et al., 1986). As rações complexas, com derivados lácteos e fontes protéicas vegetais aumentam a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes (Teixeira et al., 2003). As proteínas antigênicas presentes no farelo de soja, glicina e  $\beta$ -conglucina, contudo, causam distúrbios digestivos em suínos jovens (Friesen et al., 1993a).

Em um estudo, leitões foram alimentados com dietas contendo leite em pó desnatado ou farelo de soja, dos 7 aos 14 dias de idade. As mesmas dietas foram fornecidas dos 21 aos 56 dias de idade para avaliar a hipersensibilidade às proteínas antigênicas do farelo. A altura de vilos (AV) dos animais alimentados com dieta com farelo de soja foi 35% menor em relação à AV dos alimentados com dieta contendo leite em pó. O ganho médio diário de peso foi 58% menor para os suínos alimentados com a dieta com farelo de soja (84 vs 204 g/dia), possivelmente pela menor capacidade absorptiva das vilosidades (Li et al., 1990). A soja integral tem sido proposta como alternativa ao farelo de soja na alimentação de leitões desmamados. O aquecimento do grão, utilizado para inativar as substâncias antinutritivas, reduz a atividade biológica das proteínas antigênicas, o que não é observado quando há extração do óleo por solvente (Friesen et al., 1993b).

O aumento dos níveis (0, 20, 40, 60%) de substituição do farelo de soja por soja extrusada na dieta de leitões reduziu linearmente a altura média da mucosa do jejuno (Bertol et al., 2001b). Provavelmente, a desnaturação das proteínas antigênicas da soja pela extrusão diminuiu a hipersensibilidade transitória (Friesen et al., 1993b). Essa hipersensibilidade aumenta a mitose dos enterócitos e a migração para as vilosidades

(Dunsford et al., 1989; Li et al., 1991a; Li et al., 1991b). Isso interfere na absorção dos nutrientes pela redução de enterócitos maduros nos vilos (Bertol et al., 2001a).

Um estudo avaliou a utilização de soja integral fermentada (SIF), extrusada (SIE) e FS em substituição ao leite em pó da dieta (LP) sobre a altura das vilosidades de leitões dos 14 aos 56 dias de idade (Soares et al., 2000). Os animais alimentados com SIF apresentaram vilosidades 18,9 e 16,9% maiores do que as dos animais alimentados com SIE e FS. A soja integral fermentada pode controlar a população de *Escherichia coli* no trato gastrointestinal de suínos e melhorar a recuperação da mucosa intestinal (Kiers et al., 2003).

Em dietas pré iniciais para suínos a soja extrusada e a micronizada são as mais utilizadas. A variabilidade existente entre processos térmicos confere diferenças no valor nutritivo da soja para suínos.

A digestibilidade ileal da energia (64,9 vs 57,9%) e proteína (69,2 vs 62,4%) de dietas à base de soja extrusada foi superior à de dietas à base de farelo de soja para suínos (Hancock, 2001). A digestibilidade ileal aparente da proteína para suínos em crescimento variou entre 69,0 e 81,6% em sojas integrais processadas, entre as quais a digestibilidade verdadeira da lisina foi superior em sojas extrusadas (Marty et al., 1994). Em estudo avaliando digestibilidade em suínos, a proteína bruta foi 7,6% menos digestível em sojas micronizadas do que em sojas extrusadas. A digestibilidade da MS foi 6% superior em sojas extrusadas (Marty & Chavez, 1993). Em suínos em crescimento-terminação, a digestibilidade ileal do nitrogênio e da maioria dos aminoácidos essenciais foi maior para sojas extrusadas em relação às tostadas (Kim et al., 2000).

#### 1.4.8. Processos alternativos

Através do estudo bibliográfico apresentado, torna-se claro que sojas provenientes de metodologias distintas de processamento possuem composição e digestibilidade dos nutrientes variáveis. Isso é expresso na maioria das publicações de tabelas de composição de alimentos para aves e suínos. Nessas tabelas, o valor nutritivo, principalmente protéico da soja integral, é superior com o processamento por calor úmido em relação ao seco (NRC, 1998; Rostagno, 2000). Os processos que utilizam calor úmido, além da qualidade nutricional, objetivam a qualidade física dos grãos. Um desses processos, denominado comercialmente de desativação a vácuo, surgiu recentemente. Segundo a empresa detentora dessa tecnologia, o vapor e sua combinação com vácuo atuam rompendo as membranas celulares através de um pré-cozimento dos grãos.

Outro processo também existente a pouco tempo é o de desativação a vapor. Em comparação aos modelos industriais é modular, de pequenas dimensões. Isso permite o tratamento térmico na própria propriedade onde a soja é cultivada.

Nesta revisão bibliográfica, os dados encontrados de digestibilidade da soja integral processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ) para aves e suínos são poucos. Além disso, informações de digestibilidade de dietas para aves e suínos contendo  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$  são inexistentes. Diante disso, há necessidade de estudos que quantifiquem nutricionalmente o uso destas novas tecnologias disponíveis no mercado.

## **CAPÍTULO 2**

### **DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS E METABOLISMO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO SOJA INTEGRAL PROCESSADA**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na Revista **Ciência Rural**.

**Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada**

**Apparent digestibility of the diets and metabolism of broilers fed with diets containing heat processed full-fat soybean**

**RESUMO**

Foi realizado um experimento para avaliar a digestibilidade aparente de dietas e o metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral (SI) processada a vácuo (SI<sub>vac</sub>) ou a vapor (SI<sub>vap</sub>). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle - DC; DC com substituição isométrica de 40% de SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub>; dieta com SI<sub>vac</sub> e dieta com SI<sub>vap</sub>). As aves foram alojadas em gaiolas com comedouro e bebedouro, campânula elétrica e bandeja para coleta de excretas. A ingestão de N foi 23 e 20% menor (P<0,01) para as aves alimentadas com dietas com SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub> em relação ao grupo controle. A excreção, digestibilidade e absorção do N não foram influenciadas (P>0,05) pelas dietas. A excreção de energia foi 19 e 22% menor (P<0,01) para as aves alimentadas com SI<sub>vac</sub> na dieta em relação ao grupo controle e àquele alimentado com dieta com SI<sub>vap</sub>. A dieta com SI<sub>vac</sub> melhorou (P<0,01) a metabolizabilidade da energia. A energia metabolizável aparente corrigida para retenção de N (EM<sub>n</sub>) foi 12% superior (P<0,01) à da dieta com SI<sub>vap</sub> e similar a da dieta controle. A matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis, as energias metabolizável aparente e EM<sub>n</sub> foram semelhantes (P>0,05) para a soja integral processada a vácuo ou a vapor. O processo a vácuo para a soja integral melhora a digestibilidade da energia bruta e a energia metabolizável aparente das dietas. A digestibilidade e a absorção do nitrogênio não são influenciadas por dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor.

Palavras-chave: dieta, energia, metabolização, processamento, vácuo

## ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the apparent digestibility of diets and the metabolism of broilers fed diets containing full-fat soybean (FFS) processed by vacuum (FFS<sub>vac</sub>) or by steam (FFS<sub>stm</sub>). The experimental design was completely randomized with five treatments (control diet - CD, CD with isometric substitution of 40% FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub>; diet with FFS<sub>vac</sub> and diet with FFS<sub>stm</sub>). The broilers were housed in cages with feeder and drinking, electric campanula and tray for collection of excrete. The intake of N was 23 and 20% less ( $P < 0.01$ ) to the broilers fed with diets containing FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub> in relation to control group. The excretion, digestibility and absorption of N were not influenced ( $P > 0.05$ ) by the diets. The excretion of energy was 19 and 22% less ( $P < 0.01$ ) to the broilers fed with FFS<sub>vac</sub> in the diet in relation to control group and those fed with FFS<sub>stm</sub> in the diet. The diet with FFS<sub>vac</sub> enhanced ( $P < 0.01$ ) the metabolizability of energy. The apparent metabolizable energy corrected for retention of N (ME<sub>n</sub>) was 12% higher ( $P < 0.01$ ) to the one fed of diet with FFS<sub>stm</sub> and similar to control diet. The dry matter, protein and ether extract digestibles, the apparent metabolizable energy and ME<sub>n</sub> were similar ( $P > 0.05$ ) for full-fat soybean processed by vacuum or by steam. The vacuum processing for full-fat soybean improves the digestibility of gross energy and the apparent metabolizable energy of diets. The digestibility and absorption of N are not influenced by diets containing full-fat soybean processed by vacuum or by steam.

Key words: diet, energy, metabolization, processing, vacuum

## INTRODUÇÃO

No Brasil a alimentação de frangos de corte é baseada em dietas com milho e farelo de soja. A avicultura consome cerca de 49 e 24% da produção desses ingredientes, respectivamente (SINDIRAÇÕES, 2006). Nas últimas décadas, a taxa de crescimento do frango tem aumentado continuamente exigindo dietas com maior densidade nutricional, sobretudo energética. Para o ajuste energético são utilizados cerca de 3% de óleo vegetal, aumentando o custo de produção e dificultando a fabricação da ração.

A soja integral (SI) tem cerca de 18% de extrato etéreo e 36% de proteína, sendo uma alternativa ao farelo de soja e ao óleo vegetal. Esses teores permitem um melhor ajuste nutricional das dietas. A SI melhora a palatabilidade, reduz o incremento calórico da dieta e apresenta maior relação custo-benefício no sistema produtivo (NITSAN et al., 1997; NRC, 1998; MATEOS et al., 2002). As substâncias antinutritivas presentes na SI, como inibidores de proteases, lectinas e oligossacarídeos impedem sua utilização *in natura* (LIENER, 2000). No sistema digestório das aves a degradação dessas substâncias não ocorre ou é parcial, reduzindo o aproveitamento do alimento.

O processo que permite a inativação das substâncias antinutritivas da soja é térmico. Várias tecnologias foram desenvolvidas buscando manter a qualidade nutricional do grão. Dentre as quais estão a tostagem (em tambor rotativo ou jet-sploder), a micronização, a extrusão e microondas. As técnicas mais recentes para o tratamento térmico da soja utilizam vapor combinado com vácuo ou unicamente vapor.

Vários estudos mostram que o valor nutritivo da SI para frangos de corte varia entre os tipos de processamento (ZANELLA et al., 1999; CAFÉ et al., 2000a; PALACIOS et al., 2004). As pesquisas com soja integral obtida através de processos a vácuo ou a vapor em digestibilidade e metabolismo de frangos de corte são poucas. O objetivo deste estudo foi, portanto, avaliar a

digestibilidade de dietas e o metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo SI processada a vácuo ou a vapor.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC) da Universidade Federal de Santa Maria, de outubro a novembro de 2005. Foram utilizados 260 pintos, machos, linhagem Cobb, com peso médio inicial de 474 gramas. As aves foram alojadas em uma sala climatizada em 26 gaiolas de 0,5 x 0,5 x 0,4m, equipadas com comedouro e bebedouro tipo calha, campânula elétrica e bandeja para coleta de excretas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle - DC; DC com substituição isométrica de 40% de  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ ; dieta com  $SI_{vac}$  e dieta com  $SI_{vap}$ ). Cada tratamento teve seis repetições com 10 aves, exceto os tratamentos com substituição isométrica (quatro repetições). Os tratamentos com substituição isométrica avaliaram a digestibilidade das sojas processadas; os demais, a digestibilidade de dietas contendo ou não soja processada (controle).

O processamento a vácuo utilizado para a soja integral foi realizado em unidade industrial de desativação de soja. Após pré-limpeza os grãos foram transferidos ao silo de medição para controle do volume processado. Posteriormente foram aquecidos em reatores herméticos a 109 graus, por meio de vapor combinado com vácuo à pressão de 0,35atm por 18 minutos. Em seguida foram resfriados a 35 graus e transportados ao descasque e à secagem até 12% de umidade. O processamento a vapor para a soja integral foi realizado em desativadora modular. Os grãos foram aquecidos por vapor a 106 graus e pressão de 2atm por 8 minutos, após foram secos por 30 minutos até 12% de umidade.

As análises químicas das sojas processadas foram realizadas conforme a AOAC (1990). A determinação de aminoácidos totais foi realizada através do equipamento NIRS (Near Infrared



Reflectance Spectrometry), com ajuste de calibração das curvas pelo procedimento analítico CEAN 010 da Adisseo Brasil S.A (Tabela 1). As dietas experimentais (Tabela 2) foram formuladas utilizando as recomendações nutricionais de ROSTAGNO (2000) para frangos machos na fase inicial.

O experimento teve duração de 10 dias, cinco para adaptação ao alimento e manejo, cinco para coleta de excretas. Nesse período o fornecimento de água e ração foi à vontade. Foi utilizado o método de coleta total de excretas, sendo o início e fim determinados pelo aparecimento de excretas marcadas (foi adicionado 1% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  às dietas). As excretas foram coletadas duas vezes ao dia, pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10 graus. Ao final do experimento foram homogeneizadas e amostradas (0,4kg), secas em estufa de ventilação forçada (60 graus por 72h) e moídas para análises posteriores. Foram determinados a quantidade de ração consumida e o total de excretas produzido por unidade experimental. As análises químicas das dietas e excretas foram realizadas segundo metodologia da (AOAC, 1990).

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparentes da matéria seca ( $\text{CD}_{\text{aMS}}$ ), proteína bruta ( $\text{CD}_{\text{aPB}}$ ), extrato etéreo ( $\text{CD}_{\text{aEE}}$ ) e energia bruta ( $\text{CD}_{\text{aEB}}$ ), o balanço do N, energias metabolizável aparente e corrigida para retenção de N conforme MATTERSON et al. (1965). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Model), incluindo no modelo os efeitos do tipo de processamento da soja. As análises estatísticas foram realizadas através do MINITAB (MINITAB, 1996). As diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química da soja processada a vácuo e a vapor é apresentada na tabela 1. Para os tipos de soja estudados não foram encontradas informações da composição nutricional em tabelas mais recentes de composição de alimentos (NRC, 1998; ROSTAGNO, 2000). Alguns trabalhos publicados, no entanto, descrevem informações sobre o tema (CAFÉ et al., 2000b; FREITAS et al., 2005). Em nosso estudo foram observadas pequenas variações na composição química dos tipos de soja estudados. Essa composição pode ser influenciada por fatores como solo, clima, cultivar e processamento da soja integral (FISCHER JR. et al., 1998).

O balanço do N de frangos de corte e o controle de qualidade das sojas processadas estão apresentados na tabela 3. A ingestão de N foi influenciada pelas dietas ( $P < 0,01$ ), sendo utilizada como covariável para o ajuste das demais variáveis. As aves alimentadas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$  na dieta ingeriram 23 e 20% menos N ( $P < 0,01$ ) em relação ao grupo controle. A digestão e absorção de N não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelo processamento da soja. Para o controle de qualidade, a atividade ureásica (AU) da  $SI_{vac}$  e a solubilidade protéica (SP) da  $SI_{vap}$  ficaram dentro dos limites recomendados (ANFAR, 1985; ARABA & DALE, 1990a; b). Ao contrário, a SP para a  $SI_{vac}$  (89,29%) e a AU para a  $SI_{vap}$  (0,03  $\Delta pH$ ) indicaram sub e superaquecimento, respectivamente.

Em dietas mais densas energeticamente, os frangos de corte regulam a ingestão de alimento. Algumas regiões do hipotálamo são sensíveis aos níveis plasmáticos pós-absortivos de glicose (MACARI et al., 1994; LEESON & SUMMERS, 1996). As rações podem conter diluentes inertes, como areia ou caulim, capazes de originar sinais de saciedade em aves (LABIER & LECHERQ, 1994). Esses fatores podem explicar a menor ingestão de N das aves alimentadas com dietas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ , conseqüência do menor consumo de matéria seca.

A AU e a SP são critérios utilizados na avaliação da eficácia do tratamento térmico da soja. Para a soja o valor aceitável de AU varia de 0,05 a 0,30  $\Delta pH$ , mas não há definição na

literatura quanto ao índice ideal (FRIESEN et al., 1993b). Além disso, a AU é pouco eficaz na avaliação de sojas superaquecidas, não sendo um indicador seguro da qualidade nutricional. A SP avalia o grau de desnaturação da proteína e a biodisponibilidade de aminoácidos. Valores acima de 85% sugerem sub-aquecimento e abaixo de 70% superaquecimento do farelo ou grãos de soja (ARABA & DALE, 1990a; b). Mesmo que a SP para a  $SI_{vac}$  e a AU para a  $SI_{vap}$  tenham indicado sub e superaquecimento da soja, respectivamente, o balanço do N foi semelhante. Isso pode ser explicado em parte pelo curto período experimental que não foi suficiente para alterar o balanço do nitrogênio. Além disso, os valores de AU e SP adequados segundo a literatura são aplicados a processos com uso de calor seco. É provável que esses padrões não sejam aplicáveis para tecnologias com utilização de calor úmido, como nos processos a vácuo e a vapor.

Os resultados de ingestão, excreção, metabolizabilidade da energia bruta e energias metabolizável aparente ( $EM_a$ ) e corrigida para retenção de N ( $EM_n$ ) de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor são apresentados na tabela 4. A ingestão de energia não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelo tipo de processamento. A excreção, metabolizabilidade e  $EM_a$  ( $kcal\ kg^{-1}\ MS$ ) e  $EM_n$  ( $kcal\ kg^{-1}\ MS$ ) diferiram entre os tratamentos. As aves alimentadas com dieta contendo  $SI_{vac}$  excretaram 19 e 22% menos energia ( $P<0,01$ ) em relação ao grupo controle e ao alimentado com dieta contendo  $SI_{vap}$ . Isso contribuiu para o melhor resultado de metabolizabilidade da energia bruta da dieta com  $SI_{vac}$  em relação às demais. Do mesmo modo, para a  $EM_a$ , a dieta com  $SI_{vac}$  obteve melhor resultado ( $P<0,01$ ). A  $EM_n$  para as aves alimentadas com  $SI_{vac}$  foi 12% superior ( $P<0,01$ ) em relação ao tratamento com  $SI_{vap}$  e similar ao grupo controle.

As diferenças obtidas no balanço energético de animais alimentados com dietas com soja integral processada estão relacionadas à composição química dos grãos (LÁZARO et al., 2005). Há correlação positiva entre a energia bruta da soja e a energia disponível para os processos metabólicos das aves (ZONTA et al., 2006). Em nosso experimento, a  $SI_{vac}$  apresentou 4,4% mais

energia bruta que a  $SI_{vap}$  (6.096 vs 5.825 kcal kg<sup>-1</sup> MS). Isso pode ter influenciado na energia metabolizável aparente da dieta com  $SI_{vac}$ , a qual foi 11,3% superior em relação à dieta com  $SI_{vap}$ . A remoção da casca da soja no processo a vácuo pode ter melhorado a metabolizabilidade da energia. Como a digestão enzimática da fibra é limitada em frangos de corte, em processos com extração desse componente há melhora no valor energético (MATEOS et al., 2002).

Em frangos de corte cerca de 8kcal g<sup>-1</sup> de N são retidas pela oxidação do ácido úrico (HILL & ANDERSON, 1958). Esse valor é utilizado para o ajuste do balanço do N na determinação da  $EM_n$  em aves. Dessa forma, a  $EM_n$  de um alimento ou dieta é dependente do metabolismo do nitrogênio. Em aves jovens a relação entre ingestão e excreção de N é diretamente proporcional (ISHIBASHI & YONEMOCHI, 2002). Em nosso experimento, as aves alimentadas com a dieta controle ingeriram mais N, o que influenciou na excreção. A similaridade na energia metabolizável das dietas controle e com  $SI_{vac}$  evidencia o ajuste para o balanço do N. Isso implica em menor valor de  $EM_n$  em relação a  $EM_a$  das dietas.

Os resultados de matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis, energias metabolizável aparente e aparente corrigida para N da soja integral processada a vácuo ou a vapor estão apresentados na tabela 5. O tipo de processamento da soja não influenciou ( $P>0,05$ ) as variáveis estudadas.

O processamento de alimentos é utilizado para a conservação de carnes, grãos, frutas e vegetais (DROUZAS & SCHUBERT, 1996). Até a década de 80 as tecnologias de processamento disponíveis se baseavam no uso de calor seco (KOZANOGLU et al., 2006). Com essa técnica, o aquecimento é desuniforme, comprometendo o valor nutritivo da soja (PRACHAYAWARAKORN et al., 2006). Atualmente, processos que utilizam vapor ou sua combinação com vácuo têm surgido para assegurar a qualidade física e nutricional dos grãos. Esses processos podem favorecer o rompimento de ligações químicas nos nutrientes que dificultam a ação enzimática no trato gastrointestinal do frango de corte.

Em nosso estudo, considerando a dieta, a digestibilidade da energia bruta,  $EM_a$  e  $EM_n$  melhoraram com a inclusão de soja processada a vácuo em relação à vapor. Esse efeito não foi observado para as variáveis da digestão e metabolismo dos nutrientes dessa matéria-prima. Para estimar essas variáveis, substituiu-se parte da dieta controle (20 a 40%) pelo ingrediente teste. Esse procedimento leva a um desbalanceamento da dieta. Nutrientes em excesso, como a proteína, podem gerar erros na determinação do valor nutritivo (JESUS PEREIRA et al., 2004). Em aves jovens, sobretudo devido a imaturidade do sistema enzimático (SAKOMURA et al., 2004). É provável que, em nosso experimento, o nível do ingrediente teste utilizado tenha sido elevado. Isso associado à idade dos frangos de corte (16 dias) contribuiu para a não diferença na digestão e metabolismo das sojas processadas.

## CONCLUSÕES

O processo a vácuo para a soja integral melhora a digestibilidade da energia bruta e a energia metabolizável aparente das dietas.

A digestibilidade e a absorção do nitrogênio não são influenciadas por dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor.

A matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis, as energias metabolizável aparente e corrigida para retenção de nitrogênio não são diferentes para a soja integral processada a vácuo ou a vapor.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas Delta Indústria de Equipamentos Agroindustriais Ltda, à SanLac Panapharm e ao LAMIC pelo apoio na realização do experimento. À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa à mestranda do Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPGZ) Amanda d'Ávila Carvalho. Ao Conselho

Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa ao mestrando Luciano Hauschild e à graduanda Ines Andretta. À Pró Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) e ao Fundo de Incentivo a Pesquisa (FIPE) pela concessão de bolsa às graduandas Eloiza Lanferdini e Cheila Roberta Lehnem e ao PPGZ.

## REFERÊNCIAS

ANFAR. **Associação nacional dos fabricantes de rações**. Matérias-primas para alimentação animal - Padrão ANFAR. 4 ed.1985. 65p.

AOAC. **Official Methods of Analysis**.Arlington, VA.: 15 ed.1990.

ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. **Poultry Science**, v.69, p.76-83, 1990.

CAFÉ, M. B. et al. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.1, p.67-74, 2000a.

CAFÉ, M. B. et al. Composição e digestibilidade dos aminoácidos das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.1, p.59-66, 2000b.

DROUZAS, A. E.; SCHUBERT, H. Microwave application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, v.28, p.203-209, 1996.

FISCHER JR., A. A. et al. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.314-318, 1998.

FREITAS, E. R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.

FRIESEN, K. G. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal Animal Science**, v.71, n.8, p.2099-2109, 1993.

HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal Nutrition**, v.64, n.3, p.587-604, 1958.

ISHIBASHI, T.; YONEMOCHI, C. Possibility of amino acid nutrition in broiler. **Animal Science Journal**, v.73, p.155-165, 2002.

JESUS PEREIRA, L. E. D. et al. Digestibilidade de alimentos protéicos para suínos com diferentes dietas-referência. **Boletim de Indústria Animal**, v.61, n.1, p.75-81, 2004.

KOZANOGLU, B. et al. Drying of seeds in a superheated steam vacuum fluidized bed. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.383-387, 2006.

LABIER, M.; LECHERQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Leicestershire: Nottingham University Press. 1994. 305p.

LÁZARO, R. et al. Whole soybeans in diets for poultry. 2002. Disponível em: [http://www.asa-europe.org/Library/library\\_e.htm#Feed](http://www.asa-europe.org/Library/library_e.htm#Feed). Acesso em: 25/07/2006.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. Guelph: University Mooks, 1997. 350p.

LIENER, I. E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: \_\_\_\_ **Soy in Animal Nutrition**. Fed. Anim. Sci. Soc.: Savoy, 2000. p.13-45.

MACARI, M. et al. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 1994. 296p.

MCKENZIE, J.; GOLDMAN, R.N. **Minitab manuel de l'utilisateur**. Versão 3.12, 1996. 328p.

MATEOS, G. G. et al. Traitement de la graine de soja. 2002. Disponível em: [http://www.asa-europe.org/pdf/processsb\\_f.pdf](http://www.asa-europe.org/pdf/processsb_f.pdf). Acesso em: 20/02/2006.

- MATTERSON, L. D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. Agr. Exp. Sta. Res. Rep., v. 7, p.11. 1965.
- NITSAN, Z. et al. Effect of added soyabean oil and dietary energy on metabolisable and net energy of broiler diets. **British Poultry Science**, v.38, p.101-106, 1997.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of swine. 10 ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998. 189p.
- PALACIOS, M. F. et al. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1108-1114, 2004.
- PRACHAYAWARAKORN, S. et al. Heating process of soybean using hot-air and superheated-steam fluidized-bed dryers. **LWT**, v.39, p.770-778, 2006.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.
- SAKOMURA, N. K. et al. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.
- SINDIRAÇÕES. **Sindicato nacional da indústria da alimentação animal**. Disponível em: [www.sindiracoes.org.br](http://www.sindiracoes.org.br). Acesso em: 20/02/2006.
- ZANELLA, I. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999.
- ZONTA, M. C. D. M. et al. Energia metabolizável de farinhas de soja ou produtos de soja, determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Arquivos de Zootecnia**, v.55, n.209, p.21-30, 2006.



Tabela 1 - Composição química da soja processada a vácuo ou a vapor<sup>a</sup>

Item	Soja processada	
	Vácuo	Vapor
Matéria seca, %	89,50	88,90
Proteína bruta, %	40,68	36,59
Energia bruta, kcal/kg	5.456	5.178
Extrato etéreo, %	21,41	21,24
Fibra bruta, %	3,29	3,98
Cinzas, %	4,58	4,87
Cálcio, %	0,18	0,21
Fósforo total, %	0,32	0,44
Aminoácidos totais, %		
Arginina	3,45	3,10
Fenilalanina	2,03	1,84
Histidina	1,06	0,93
Isoleucina	1,73	1,54
Leucina	3,21	2,67
Lisina	2,35	2,06
Metionina	0,47	0,37
Met + Cis	1,12	0,94
Treonina	1,51	1,32
Triptofano	0,51	0,44
Valina	1,83	1,69

<sup>a</sup> Matéria natural.

Tabela 2 - Ingredientes, composição calculada e analisada das dietas experimentais

Ingredientes, %	Dietas		
	Controle	SI <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub>
Milho	53,53	38,73	31,06
Farelo de soja	38,82	0,00	0,00
Soja vácuo	0,00	51,11	0,00
Soja vapor	0,00	0,00	58,91
Óleo vegetal	3,59	0,00	0,00
Calcáreo	0,90	0,89	1,05
Fosfato bicálcico	1,91	2,02	2,16
Cloreto de sódio	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina	0,18	0,10	0,09
L-Lisina	0,06	0,00	0,04
L-treonina	0,11	0,08	0,03
Suplemento vitamínico e mineral <sup>a</sup>	0,50	0,50	0,50
Inerte <sup>b</sup>	0,00	6,18	5,75
Valores calculados			
Energia metabolizável, kcal/kg	3.000	3.000	3.000
Proteína bruta, %	21,40	21,40	21,40
Cálcio, %	0,96	0,96	0,96
Fósforo disponível, %	0,45	0,45	0,45
Lisina, %	1,14	1,16	1,14
Metionina, %	0,59	0,43	0,49
Valores analisados <sup>c</sup>			
Matéria seca, %	88,20	89,46	89,45
Proteína bruta, %	25,85	21,63	21,49
Extrato etéreo, %	3,46	9,46	9,82
Fósforo total, %	0,58	0,68	0,69
Energia bruta, kcal/kg	4.482	4.535	4.269

<sup>a</sup> Suplemento vitamínico-mineral. Conteúdo por kg de produto: Colina, 60.000 mg; Lisina, 78.000 mg; Metionina, 297.000 mg; Vit. A, 2.200.000 UI; Vit. D3, 500.000 UI; Vit. E, 5.000 mg; Vit. K3, 660 mg; Vit. B1, 440 mg; Vit. B2, 1.150 mg; Vit. B6, 926 mg; Vit. B12, 3.600 mcg; Biotina, 36 mg; Ác. Fólico, 250 mg; Ác. Nicotínico, 5.560 mg; Ác. Pantotênico, 3.600 mg; Coccidiostático, 12.000 mg; Ferro, 9.998 mg; Cobre, 1.600 mg; Zinco, 10.996 mg; Manganês, 11.993 mg; Iodo, 88 mg; Selênio, 40 mg; Promotor de crescimento e eficiência alimentar, 1.000 mg

<sup>b</sup> Caulim

<sup>c</sup> Matéria natural

Tabela 3 - Balanço do nitrogênio de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor e controle de qualidade das sojas processadas

Variáveis	Dieta			Epr <sup>c</sup>	P <sup>d</sup>
	Controle	SI <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub>		
<b>Nitrogênio</b>					
Ingerido, g/dia <sup>e</sup>	26,76 <sup>a</sup>	20,71 <sup>b</sup>	21,42 <sup>b</sup>	0,69	0,000
Excretado, g/dia	7,81	5,46	5,83	0,31	0,179
Coefficiente de digestibilidade, %	71,15	73,68	72,79	1,24	0,157
Absorvido, g/dia	18,95	15,25	15,60	0,31	0,177
<b>Controle de qualidade</b>					
	Atividade ureásica, ΔpH		Solubilidade protéica, %		
SI <sub>vac</sub>	0,12		89,29		
SI <sub>vap</sub>	0,03		74,50		

<sup>a, b</sup> letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,01); <sup>c</sup> erro padrão residual; <sup>d</sup> nível de 5% de significância; <sup>e</sup> utilizado como covariável

Tabela 4 - Consumo, metabolizabilidade e energia metabolizável de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para frangos de corte

Variáveis	Dieta			Epr <sup>d</sup>	P <sup>e</sup>
	Controle	SI <sub>vac</sub>	SI <sub>vap</sub>		
<b>Animal</b>					
Energia ingerida, kcal dia <sup>-1</sup>	2900	2714	2659	83,51	0,135
Energia na excreta, kcal dia <sup>-1</sup>	550 <sup>a</sup>	444 <sup>b</sup>	567 <sup>a</sup>	21,41	0,002
EM <sub>a</sub> , kcal dia <sup>-1</sup>	2350	2270	2091	73,33	0,067
EM <sub>n</sub> , kcal dia <sup>-1</sup>	2195	2144	1963	70,98	0,084
<b>Dieta</b>					
Coefficiente de metabolizabilidade, %	81,06 <sup>a</sup>	83,55 <sup>b</sup>	78,67 <sup>c</sup>	0,61	0,000
EM <sub>a</sub> , kcal kg <sup>-1</sup> MS <sup>f</sup>	4119 <sup>a</sup>	4235 <sup>b</sup>	3754 <sup>c</sup>	30,21	0,000
EM <sub>n</sub> , kcal kg <sup>-1</sup> MS <sup>g</sup>	3845 <sup>a</sup>	4000 <sup>a</sup>	3524 <sup>b</sup>	29,76	0,000

<sup>a, b, c</sup> letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); <sup>d</sup> erro padrão residual; <sup>e</sup> nível de 5% de significância; <sup>f</sup> energia metabolizável aparente, <sup>g</sup> EM<sub>a</sub> corrigida para retenção de N

Tabela 5 - Matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis e energia metabolizável da soja processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Soja processada		Epr <sup>a</sup>	P <sup>b</sup>
	Vácuo	Vapor		
Nutrientes digestíveis, %				
Matéria seca digestível	54,63	50,31	3,43	0,408
Proteína digestível	34,10	36,18	1,23	0,298
Extrato etéreo digestível	21,43	20,82	0,24	0,121
EM <sub>a</sub> , kcal/kg MS	3375	3045	207	0,302
EM <sub>n</sub> , kcal/kg MS	3257	3012	179	0,368

<sup>a</sup> Erro padrão residual; <sup>b</sup> nível de 5% de significância; <sup>c</sup> energia metabolizável aparente, <sup>d</sup> EM<sub>a</sub> corrigida para retenção de N

## **CAPÍTULO 3**

### **DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS E METABOLISMO DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO SOJA INTEGRAL PROCESSADA**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Zootecnia**.

## **Digestibilidade Aparente de Dietas e Metabolismo de Suínos Alimentados com Dietas Contendo Soja Integral Processada**

**RESUMO** – Foi realizado um experimento para avaliar a digestibilidade aparente de dietas e o metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral (SI) processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) ou a vapor ( $SI_{vap}$ ). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle; dieta controle com substituição isométrica de 40% de  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ ; dieta com  $SI_{vac}$  e dieta com  $SI_{vap}$ ) e quatro repetições de um animal. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas para a coleta total de fezes. A ingestão, excreção urinária de energia e energias digestível e metabolizável das dietas não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelo tipo de processamento da SI. Os animais alimentados com dieta contendo  $SI_{vac}$  excretaram 56% mais energia ( $P<0,05$ ) nas fezes que os alimentados com a dieta controle. A digestão e metabolismo do N não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelo tipo de processamento da soja integral. A digestibilidade do P, o P fecal e absorvido não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as dietas. Para a SI, os teores digestíveis de proteína e energia foram 10,4 e 8,7% superiores com o processamento a vácuo. A soja processada não altera a digestibilidade das dietas nem o metabolismo de suínos, exceto a digestibilidade da energia bruta, que é reduzida. O processamento a vácuo melhora os teores digestíveis de proteína e energia da soja integral.

**Palavras-chave:** coeficiente de digestibilidade, energia, nitrogênio, nutrientes, processamento



**Apparent digestibility of the diets and metabolism of pigs fed with diets  
containing heat processed full-fat soybean**

**ABSTRACT** – An experiment was carried out to evaluate the apparent digestibility of diets and the metabolism of pigs fed diets containing full-fat soybean (FFS) processed by vacuum (FFS<sub>vac</sub>) or by steam (FFS<sub>stm</sub>). The experimental design was completely randomized with five treatments (control diet, control diet with isometric substitution of 40% of FFS<sub>vac</sub> or FFS<sub>stm</sub>; diet with FFS<sub>vac</sub> and diet with FFS<sub>stm</sub>) and four replications with one animal. The animals were housed in metabolic cages for the total collection of feces. The intake, urinary excretion of energy and digestible and metabolizable energy were not influenced ( $P>0.05$ ) by the type of FFS processing. The animals fed diet containing FFS<sub>vac</sub> excreted 56% more energy ( $P<0.05$ ) in their feces than animals fed the control diet. The digestion and N metabolism were not influenced ( $P>0.05$ ) by the type of FFS processing. The digestibility of P, the fecal and the absorbed P did not differ ( $P>0.05$ ) between the diets. For FFS, the digestible contents of protein and energy were 10.4 and 4.0% higher with vacuum processing. The processed soybean does not affect the digestibility of diets neither the metabolism of pigs, except the digestibility of gross energy, which is reduced. The vacuum processing improves the digestible contents of protein and energy of full-fat soybean.

**Key-words:** coefficient of digestibility, energy, nitrogen, nutrients, processing

## Introdução

A suinocultura absorve cerca de 29% da produção brasileira de milho e 23% da produção de farelo de soja (SINDIRAÇÕES, 2006). Esses ingredientes respondem por 94% do volume das rações para suínos. O óleo vegetal é incluído nas rações para ajustes energéticos, participando em média com 2,5% do volume. A inclusão de óleos nas rações, contudo, dificulta a fabricação e eleva o custo de produção.

A soja integral (SI) possui cerca de 18% de extrato etéreo e 36% de proteína (NRC, 1998), o que a torna uma alternativa ao óleo e ao farelo de soja nas dietas para suínos. A literatura apresenta vantagens ao uso da SI, como: melhora da palatabilidade e consumo, redução do incremento calórico, sobretudo em climas quentes, qualidade nutricional elevada, melhor digestibilidade devido ao processamento, manejo facilitado na produção da ração e maior relação custo-benefício no sistema produtivo (Nitsan et al., 1997; NRC, 1998; Mateos et al., 2002).

As substâncias anti-nutritivas presentes na SI, como inibidores de proteases e lectinas, entretanto, impedem sua utilização *in natura* (Liener, 2000). Em animais alimentados com soja crua na dieta foram observados inibição do crescimento, diminuição na eficiência alimentar, hipertrofia pancreática, hipoglicemia e danos ao fígado (Palacios et al., 2004). As substâncias anti-nutritivas, no entanto, são inativadas em altas temperaturas, permitindo o uso da soja na forma integral (Mateos et al., 2002).

A tostagem, a micronização e a extrusão são processos comumente utilizados para o processamento da soja integral. Vários trabalhos mostraram variabilidade no valor nutritivo da SI para suínos entre tipos de processamento (Marty & Chavez, 1993; Marty & Chavez, 1995; Mendes et al., 2004; Palacios et al., 2004). Os processos que utilizam calor úmido são mais eficazes que os que utilizam calor seco (Van Soest, 1987).

Novas tecnologias de processamento da soja têm surgido, com a utilização de vapor combinado com vácuo ou unicamente de vapor. Não há, contudo, pesquisas sobre digestibilidade

de dietas e metabolismo de suínos alimentados com SI obtida através desses processos. O objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade de dietas e o metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo SI processada a vácuo ou a vapor.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em outubro de 2005. Foram utilizados 20 suínos machos castrados, meio irmãos paternos e geneticamente homogêneos, oriundos de cruzamentos industriais, com peso médio inicial de 51 quilogramas. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, em ambiente semi-controlado com temperatura média de 22<sup>o</sup>C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dieta controle; dieta controle com substituição isométrica de 40% de SI<sub>vac</sub> ou SI<sub>vap</sub>; dieta com SI<sub>vac</sub> e dieta com SI<sub>vap</sub>). Os tratamentos com substituição isométrica avaliaram a digestibilidade das sojas processadas; os demais a digestibilidade de dietas contendo ou não soja processada (controle). Cada tratamento teve quatro repetições, sendo o animal a unidade experimental.

O processamento a vácuo utilizado para a soja integral foi realizado em unidade industrial de desativação de soja. Os grãos, após pré-limpeza, foram transferidos ao silo de medição para controle do volume processado, em seguida aquecidos em reatores herméticos a 109<sup>o</sup>C, por meio de vapor combinado com vácuo à pressão de 0,35 atm durante 18 minutos. Posteriormente foram resfriados a 35<sup>o</sup>C e transportados ao descasque e à secagem até que atingissem 12% de umidade.

O processamento a vapor para a soja integral foi realizado em desativadora modular. Através do dosador, o equipamento foi abastecido com a quantidade de soja a ser processada. Posteriormente, os grãos seguiram para o aquecedor onde vapor foi aplicado à massa de grãos durante 8 minutos, a 106<sup>o</sup>C e pressão de 2 atm. Na etapa de secagem os grãos permaneceram por 30 minutos para que o teor de umidade fosse de 12%.

As análises químicas dos ingredientes foram realizadas conforme AOAC (1990). A determinação de aminoácidos totais foi através do equipamento NIRS (Near Infrared Reflectance Spectrometry), com ajuste de calibração das curvas pelo procedimento analítico CEAN 010 da Adisseo Brasil S.A (Tabela 6).

Tabela 6. Composição analisada dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais<sup>1</sup>  
 Table 6. Analysated composition of ingredients utilized in experimental diets<sup>1</sup>

Item <i>Item</i>	Ingrediente <i>Ingredient</i>			
	Milho <i>Corn</i>	Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	Soja vácuo <i>Vacuum full-fat soybean</i>	Soja vapor <i>Steam full-fat soybean</i>
Matéria seca, % <i>Dry matter</i>	86,20	85,50	89,50	88,90
Proteína bruta, % <i>Crude protein</i>	7,18	45,23	40,68	36,59
Energia bruta, kcal/kg <i>Gross energy</i>	3.926	4.268	5.456	5.178
Extrato etéreo, % <i>Ether extract</i>	3,36	2,80	21,41	21,24
Fibra bruta, % <i>Crude fiber</i>	1,92	3,61	3,29	3,98
Cinzas, % <i>Ash</i>	1,13	5,81	4,58	4,87
Cálcio, % <i>Calcium</i>	0,02	0,25	0,18	0,21
Fósforo total, % <i>Total phosphorus</i>	0,20	0,57	0,32	0,44
<b>Aminoácidos totais, %</b> <i>Totals amino acid</i>				
Arginina <i>Arginine</i>	0,33	3,14	3,45	3,10
Fenilalanina <i>Phenylalanine</i>	0,32	2,31	2,03	1,84
Histidina <i>Histidine</i>	0,19	1,16	1,06	0,93
Isoleucina <i>Isoleucine</i>	0,25	2,17	1,73	1,54
Leucina <i>Leucine</i>	0,92	3,37	3,21	2,67
Lisina <i>Lysine</i>	0,22	2,64	2,35	2,06
Metionina <i>Methionine</i>	0,16	0,57	0,47	0,37
Met + Cis <i>Met + Cys</i>	0,29	1,24	1,12	0,94
Treonina <i>Threonine</i>	0,25	1,83	1,51	1,32
Triptofano <i>Tryptophan</i>	0,06	0,66	0,51	0,44
Valina <i>Valine</i>	0,33	2,33	1,83	1,69

<sup>1</sup> Matéria natural.

<sup>1</sup> Fed basis.

As dietas experimentais (Tabela 7) foram formuladas utilizando as recomendações nutricionais do NRC (1998).

Tabela 7. Ingredientes, composição calculada e analisada das dietas experimentais  
*Table 7. Ingredients, calculated and analysed composition of experimental diets*

Ingredientes, % <i>Ingredients, %</i>	Dietas <i>Diets</i>		
	Controle <i>Control</i>	SI <sub>vac</sub> <i>FFS<sub>vac</sub></i>	SI <sub>vap</sub> <i>FFS<sub>stm</sub></i>
Milho <i>Corn</i>	70,77	61,30	54,45
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	23,36	0,00	0,00
Soja vácuo <i>Vacuum full-fat soybean</i>	0,00	32,85	0,00
Soja vapor <i>Steam full-fat soybean</i>	0,00	0,00	39,03
Óleo vegetal <i>Vegetal oil</i>	1,87	0,00	0,00
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,00	1,85	2,52
Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> <i>Vitamin and mineral supplement</i>	4,00	4,00	4,00
<b>Valores calculados</b> <i>Calculated values</i>			
Energia metabolizável, kcal/kg <i>Metabolizable energy</i>	3.265	3.265	3.265
Proteína bruta, % <i>Crude protein</i>	15,70	15,70	15,70
Cálcio, % <i>Calcium</i>	0,88	1,26	1,63
Fósforo disponível, % <i>Available phosphorus</i>	0,26	0,45	0,51
Lisina, % <i>Lysine</i>	0,69	0,77	0,75
Metionina, % <i>Methionine</i>	0,21	0,24	0,22
Treonina, % <i>Threonine</i>	0,43	0,46	0,50
Triptofano, % <i>Tryptophan</i>	0,15	0,17	0,17
<b>Valores analisados<sup>2</sup></b> <i>Analysated values</i>			
Matéria seca, % <i>Dry matter</i>	87,83	88,72	88,47
Proteína bruta, % <i>Crude protein</i>	17,00	16,90	16,81

Extrato etéreo, % <i>Ether extract</i>	2,45	8,60	7,30
Fósforo total, % <i>Total phosphorus</i>	0,51	0,71	0,81
Energia bruta, kcal/kg <i>Gross energy</i>	4.035	4.262	4.181

<sup>1</sup> Conteúdo por quilograma de produto (*Content per kilogram of product*): Cálcio (*Calcium*), 200 g; Fósforo (*Phosphorus*), 50 g; Sódio (*Sodium*), 45 g; Metionina (*Methionine*), 1 g; Lisina (*Lysine*), 2 g; Vit. A, 60.000 UI; Vit. D3, 12.000 UI; Vit. E, 800 mg; Vit. K3, 20 mg; Vit. B1, 20 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 20 mg; Vit. B12, 200 mcg; Ác. Fólico (*Folic acid*), 10 mg; Ác. Pantotênico (*Pantothenic acid*), 200 mg; Biotina (*Biotin*), 2 mg; Colina (*Choline*), 1.200 mg; Niacina (*Niacine*), 300 mg; Cobre (*Copper*), 160 mg; Ferro (*Iron*), 1100 mg; Iodo (*Iodine*), 6 mg; Manganês (*Manganese*), 200 mg; Selênio (*Selenium*), 5 mg; Zinco (*Zinc*), 1400 mg; Promotor de crescimento (*Growth promoter*), 1,25 g; Antioxidante (*Antioxidant*), 0,3g; Flúor, máx (*Fluorine*), (*maximum*), 499 mg, Solubil. de Fósforo em Ác. Cítrico a 2%, mín (*Phosphorus Solub. in 2% Citric Acid*), (*minimum*), 90%. <sup>2</sup> Matéria natural (*Fed basis*).

O experimento teve duração de 13 dias (7 de adaptação dos animais às gaiolas e ao alimento e 6 de coleta). As rações foram fornecidas conforme o peso metabólico (PV<sup>0,6</sup>). A quantidade diária foi ajustada à estimativa do ganho de peso médio diário, considerando um consumo de 2,6 vezes a manutenção, estimada em 250 kcal EM/kg PV<sup>0,6</sup> (Noblet et al., 1993). O alimento foi distribuído em três refeições diárias, às 8, 13 e 18 horas e o acesso à água foi livre.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, sendo o início e final da coleta determinados pelo aparecimento de fezes marcadas (foram adicionados 1,0% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> às dietas). As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, pesadas, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10<sup>0</sup>C. Ao final do experimento foram homogeneizadas e amostradas (0,5 kg), secas em estufa de ventilação forçada (60<sup>0</sup>C por 72 horas) e moídas para análises posteriores. A urina excretada era drenada para baldes plásticos contendo 25 mL de HCl 6 N. A cada 12 horas o volume era medido e uma alíquota de 5% era retirada e conservada sob refrigeração (4<sup>0</sup>C). As análises químicas de fezes e urina foram realizadas segundo a AOAC (1990). De acordo com metodologia proposta por Matterson et al. (1965) foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparentes da matéria seca (CD<sub>a</sub>MS), proteína bruta (CD<sub>a</sub>PB), extrato etéreo (CD<sub>a</sub>EE) e energia bruta (CD<sub>a</sub>EB); o balanço do N, P, energia digestível e metabolizável. Os

dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Model), incluindo no modelo os efeitos do tipo de processamento da soja. As análises estatísticas foram realizadas através do MINITAB (1996). As diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Resultados e Discussão

Os resultados de consumo e metabolizabilidade da energia e energias digestível e metabolizável de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor são apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Consumo, metabolizabilidade e energias digestível e metabolizável de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para suínos  
 Table 8. Intake, metabolizability and digestible and metabolizable energies of diets containing full-fat soybean processed by vacuum or steam for pigs

Variáveis <i>Variables</i>	Dieta <i>Diet</i>			Epr <sup>1</sup> <i>SE</i>	P <sup>2</sup> <i>P</i>
	Controle <i>Control</i>	SI <sub>vac</sub> <i>FFS<sub>vac</sub></i>	SI <sub>vap</sub> <i>FFS<sub>stm</sub></i>		
Animal <i>Animal</i>					
Energia ingerida, kcal/dia <i>Intaked energy, kcal/day</i>	8784	9232	9165	283	0,509
Energia fecal, kcal/dia <i>Fecal energy, kcal/day</i>	686a <sup>3</sup>	1070b	951ab	78	0,019
Energia urinária, kcal/dia <i>Urinary energy, kcal/day</i>	94	90	107	19	0,830
Energia digestível, kcal/dia <i>Digestible energy, kcal/day</i>	8098	8162	8213	304	0,964
Energia metabolizável, kcal/dia <i>Metabolizable energy, kcal/day</i>	8004	8072	8107	310	0,972
Dieta <i>Diet</i>					
Coefficiente de metabolizabilidade, % <i>Digestibility coefficient, %</i>	92,2a	88,3b	89,6b	0,52	0,016
Energia digestível, kcal/ kg de MS <i>Digestible energy, kcal/kg of dry matter</i>	4236	4242	4234	47	0,992
Energia metabolizável, kcal/kg de MS <i>Metabolizable energy, kcal/kg of dry matter</i>	3925	3946	3888	84	0,891

<sup>1</sup> Erro padrão residual. <sup>2</sup> nível de 5% de probabilidade. <sup>3</sup> letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Standard error. <sup>2</sup> level of 5% of probability. <sup>3</sup> different letters in the same line differ by Tukey test (P<0.05).



A ingestão, a excreção urinária de energia e as energias digestível e metabolizável das dietas não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelo tipo de processamento da soja. A excreção fecal e a metabolizabilidade da energia bruta, contudo, diferiram ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos. Os animais alimentados com dieta contendo soja processada a vácuo excretaram 56% mais energia nas fezes que os alimentados com a dieta controle. O coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta foi 4 e 3% inferior para a dieta com  $SI_{vac}$  e  $SI_{vap}$  em relação a dieta controle, respectivamente.

A soja *in natura* contém fatores anti-nutritivos que exercem efeito negativo sobre a digestão e a utilização dos nutrientes pelos animais. Por serem termolábeis, a maioria desses fatores é eliminada com a aplicação de calor (Liener, 2000). Os oligossacarídeos (OS), estaquiose e rafinose, no entanto, são termoestáveis e representam 4 a 6% do conteúdo nutricional da soja (Mateos et al., 2002). Os OS são definidos como carboidratos solúveis em etanol que possuem pouca susceptibilidade à digestão pelas enzimas pancreáticas e da borda em escova em mamíferos (Quigley et al., 1999). Os suínos não possuem a enzima  $\alpha$ -galactosidase, necessária para hidrolisar as ligações  $\alpha$ -1,6 presentes nos OS (Slominski, 1994; Zuo et al., 1996). Adicionalmente, esses componentes aumentam a viscosidade da digesta, interferindo na digestibilidade dos nutrientes devido a baixa interação entre substratos e enzimas na mucosa intestinal (Smiricky et al., 2002). A presença de OS em sojas processadas pode ter influenciado na digestibilidade da energia bruta das dietas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ . Ainda, a digestão da gordura em suínos depende do tipo de processamento da soja. Nos grãos, danos mecânicos alteram a estrutura dos vacúolos lipídicos o que apresenta correlação positiva com a digestibilidade (Kaankuka et al., 1996). Em nosso experimento os grãos foram processados inteiros, tanto no processo a vácuo quanto no a vapor, não havendo ruptura das células de gordura. Dessa forma, o óleo vegetal adicionado à dieta controle possivelmente teve a digestão facilitada por estar na forma livre (Café

et al., 2000a). O menor coeficiente de digestibilidade da energia bruta das dietas com  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$ , no entanto, não interferiu nas energias digestível e metabolizável das dietas.

O balanço do nitrogênio de suínos e o controle de qualidade da  $SI_{vac}$  ou  $SI_{vap}$  são apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Balanço do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor e controle de qualidade das sojas processadas  
*Table 9. Nitrogen balance of pigs fed with diets containing full-fat soybean processed by vacuum or steam and quality control of processed soybeans*

Variáveis <i>Variables</i>	Dieta <i>Diet</i>			Epr <sup>1</sup> <i>SE<sup>1</sup></i>	P <sup>2</sup> <i>P<sup>2</sup></i>
	Controle <i>Control</i>	$SI_{vac}$ <i>FFS<sub>vac</sub></i>	$SI_{vap}$ <i>FFS<sub>stm</sub></i>		
<b>Nitrogênio</b> <i>Nitrogen</i>					
Ingerido, g/dia <i>Intaked, g/day</i>	59,20	58,46	58,96	1,87	0,960
Fecal, g/dia <i>Fecal, g/day</i>	5,08	5,51	4,56	0,86	0,748
Coeficiente de digestibilidade, % <i>Digestibility coefficient, %</i>	91,41	90,41	92,26	1,60	0,726
Urinário, g/dia <i>Urinary, g/day</i>	10,27	9,85	11,63	2,13	0,830
Absorvido, g/dia <i>Absorbed, g/day</i>	54,11	52,95	54,40	2,24	0,890
Retido, g/dia <i>Retained, g/day</i>	43,84	43,09	42,80	3,34	0,973
Retido/Absorvido, % <i>Retained/Absorbed, %</i>	80,90	81,15	78,50	4,05	0,878
<b>Crítérios</b> <i>Criteria</i>					
Controle de qualidade <i>Quality control</i>	Atividade ureásica, ΔpH <i>Ureasic activity, ΔpH</i>		Solubilidade protéica, % <i>Protein solubility, %</i>		
	$SI_{vac}$ <i>FFS<sub>vac</sub></i>	0,12	89,29		
$SI_{vap}$ <i>FFS<sub>stm</sub></i>	0,03	74,50			

<sup>1</sup> Erro padrão residual. <sup>2</sup> nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Standard error. <sup>2</sup> level of 5% of probability.

As variáveis avaliadas na digestão e metabolismo do nitrogênio não foram influenciadas (P>0,05) pelo tipo de processamento da soja. Em relação ao controle de qualidade, para a  $SI_{vap}$ , o

índice de atividade ureásica foi inferior ao limite mínimo recomendado. Para a  $SI_{vac}$ , a solubilidade protéica apresentou-se além do padrão estabelecido.

Os resultados deste experimento foram semelhantes a outros estudos de digestão e metabolismo do N em suínos em crescimento (Fabian et al., 2004). Para a soja integral, o tratamento térmico objetiva inativar os fatores anti-nutricionais e melhorar o valor nutritivo. Essa melhora ocorre através de desnaturação com rompimento da estrutura polimerizada da proteína e do amido. Por outro lado, o superaquecimento modifica a molécula protéica da SI o que altera a digestão e a utilização metabólica da proteína. Essa alteração ocorre devido a formação de isopeptídeos entre grupos amino-livres da lisina e grupos carboxil. Em roedores e em outros mamíferos, os isopeptídeos não são hidrolisáveis, o que estimula a secreção pancreática (Marty & Chavez, 1995). O excesso dessa secreção aumenta o N endógeno que, associado à proteína não digerida, interfere na excreção fecal de N (Marty et al., 1994). Em nosso estudo, a análise de solubilidade protéica da  $SI_{vap}$  (74,50%) indicou processamento adequado, ainda que o valor de atividade ureásica (0,03  $\Delta pH$ ) denotasse superaquecimento. Ao contrário, para a  $SI_{vac}$ , a análise de atividade ureásica (0,12  $\Delta pH$ ) demonstrou a efetividade do processamento térmico, embora o resultado de solubilidade (89,29%) sugerisse aquecimento ineficiente.

A efetividade do tratamento térmico do farelo e do grão de soja é frequentemente estimada pela atividade ureásica, pois urease e inibidores de tripsina são desnaturados pelo calor a taxas similares (Herkelman, et al., 1992). Na determinação da atividade ureásica, em uma mistura de soja com uréia, a urease catalisa a reação de transformação da uréia em gás carbônico e amônia, elevando o pH do meio. Na literatura não existe consenso quanto aos valores de  $\Delta pH$  aceitáveis, sendo que a maioria situa-se entre 0,05 a 0,20 para o farelo e 0,05 a 0,30 para o grão de soja (Friesen, et al., 1993). Em caso de superaquecimento, no entanto, a atividade ureásica é pouco eficaz. Com o aumento da temperatura ou do tempo de exposição ao calor, a  $\Delta pH$  chega rapidamente a zero, o que na maioria das vezes não é indicativo de redução na qualidade da

proteína do farelo ou do grão de soja. Deste modo, a solubilidade protéica em hidróxido de potássio é um teste complementar que permite avaliar o nível de desnaturação da proteína e, portanto, a biodisponibilidade de aminoácidos (Araba & Dale, 1990a). Valores de solubilidade acima de 85% sugerem sub-aquecimento do farelo ou grão de soja, e valores abaixo de 70% são indicativos de superaquecimento (Araba & Dale, 1990a; b). Em nosso experimento os animais apresentaram balanço do nitrogênio similar, mesmo que a análise de solubilidade da  $SI_{vac}$  tenha apontado sub-aquecimento da soja. Provavelmente, o período experimental utilizado pode não ter sido suficiente para que essa característica alterasse o metabolismo do N. Ainda, o aquecimento da soja com o uso de vácuo pode ter favorecido a digestão da proteína.

A digestibilidade do P de dietas é apresentada na tabela 10.

Tabela 10. Digestibilidade do fósforo de dietas contendo soja processada a vácuo ou a vapor para suínos  
 Table 10. Digestibility of phosphorus of diets containing full-fat soybean processed by vacuum or steam for pigs

Variáveis <i>Variables</i>	Dieta <i>Diet</i>			Epr <sup>1</sup> <i>SE</i> <sup>1</sup>	P <sup>2</sup> <i>P</i> <sup>2</sup>
	Controle <i>Control</i>	$SI_{vac}$ <i>FFS<sub>vac</sub></i>	$SI_{vap}$ <i>FFS<sub>stm</sub></i>		
Fósforo <i>Phosphorus</i>					
Ingerido, g/dia <sup>4</sup> <i>Intaked, g/day</i>	9,75a <sup>3</sup>	13,67b	15,86c	0,35	0,000
Fecal, g/dia <i>Fecal, g/day</i>	2,86	3,68	4,04	0,36	0,387
Coefficiente de digestibilidade, % <i>Digestibility coefficient, %</i>	71,00	73,15	74,50	3,19	0,419
Absorvido, g/dia <i>Absorbed, g/day</i>	6,90	10,00	11,82	0,36	0,386

<sup>1</sup> Erro padrão residual. <sup>2</sup> nível de 5% de probabilidade. <sup>3</sup> letras diferentes na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05). <sup>4</sup> utilizado como covariável.

<sup>1</sup> Standard error. <sup>2</sup> level of 5% of probability. <sup>3</sup> different letters in the same line differ by Tukey test (P<0.05). <sup>4</sup> used as covariable.

A ingestão de P foi influenciada pelas dietas sendo usada como covariável para o ajuste das demais variáveis. Os animais alimentados com  $SI_{vac}$  e  $SI_{vap}$  ingeriram 40 e 62% mais P (P<0,05)

do que os alimentados com a dieta controle. A excreção fecal, a absorção e o coeficiente de digestibilidade do P não apresentaram diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as dietas.

A maior parte do P (70%) nos ingredientes está sob a forma de fitato, que não é disponível para os suínos pela falta de fitase no trato gastrointestinal (Jongbloed et al., 1991). Isso compromete a disponibilidade do P e de outros minerais de origem dietética, como Fe, Cu e Zn (Lonnerdal et al., 1999). Nas oleaginosas a concentração de fitato varia de acordo com o tipo de solo, cultivar, condições climáticas e processamento (Eeckhout & De Paepe, 1994; Godoy et al., 2005). Em processos com utilização de calor, por exemplo, os fitatos são mais estáveis (Kaankuka et al., 1996). Além disso, a soja possui baixa atividade fitásica endógena, o que contribui para a pouca degradação do ácido fítico (Eeckhout & De Paepe, 1994; Pointillart, 1994). A influência do processamento térmico e dos fatores intrínsecos à soja contribuíram para que a digestibilidade do P das dietas em nosso estudo não fosse alterada.

Os teores digestíveis de matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia, e energia metabolizável estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11. Matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia digestível e energia metabolizável da soja processada a vácuo ou a vapor

Table 11. Dry matter, protein, ether extract and digestible energy and metabolizable energy of soybean processed by vacuum or steam

Variáveis <i>Variables</i>	Soja processada <i>Processed soybean</i>		Epr <sup>1</sup> <i>SE<sup>1</sup></i>	P <sup>2</sup> <i>P<sup>2</sup></i>
	Vácuo <i>Vacuum</i>	Vapor <i>Steam</i>		
Nutrientes digestíveis, % <i>Digestible nutrients, %</i>				
Matéria seca digestível <i>Digestible dry matter</i>	81,50	79,50	0,74	0,102
Proteína digestível <i>Digestible protein</i>	34,54	31,30	0,21	0,000
Extrato etéreo digestível <i>Digestible ether extract</i>	18,00	17,30	0,20	0,052
Energia digestível, kcal/kg de MS <i>Digestible energy, kcal/kg of dry matter</i>	5458	4983	54	0,001
Energia metabolizável, kcal/kg de MS <i>Metabolizable energy, kcal/kg of dry matter</i>	4279	4009	270	0,506

<sup>1</sup> Erro padrão residual. <sup>2</sup> nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Standard error. <sup>2</sup> level of 5% of probability.

O tipo de processamento da soja não influenciou ( $P > 0,05$ ) a matéria seca e o extrato etéreo digestíveis nem a energia metabolizável das sojas integrais. Os teores digestíveis de proteína e energia, no entanto, foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelo tipo de processamento. Para essas variáveis o processamento a vácuo para a soja integral proporcionou melhores resultados.

O processamento de alimentos é utilizado para a conservação de carnes, grãos, frutas e vegetais (Drouzas & Schubert, 1996). A estocagem desses produtos por longos períodos é dificultada pelo conteúdo de umidade. Até a década de 80 as tecnologias empregadas na redução da atividade de água de alimentos baseavam-se no uso de calor seco (Kozanoglu, et al., 2006). Na soja, essa técnica aquece desuniformemente com distribuição irregular da temperatura, o que compromete o valor nutritivo (Prachayawarakorn et al., 2006). O uso do vapor e sua combinação com vácuo tem mostrado melhora na qualidade nutricional e microbiológica, cor e textura de

carnes, frutas e vegetais (Majchrowicz, 1999; Böhm et al., 2006). Na fusão dos conceitos de vapor e vácuo, este remove o ar atmosférico expondo a superfície do produto ao aquecimento com vapor. A umidade agregada é re-evaporada através de outra aplicação de vácuo, rompendo as membranas celulares do produto (Majchrowicz, 1999). Isso contribui para a quebra de ligações químicas nos nutrientes (carboidrato e proteína) que dificultam a ação das enzimas digestivas no trato gastrointestinal do suíno. Além disso, o processamento em atmosfera inerte desfavorece as oxidações de nutrientes. Esses fatores provavelmente favoreceram os melhores resultados de nutrientes digestíveis obtidos para a  $SI_{vac}$  neste experimento.

### **Conclusões**

A ingestão, a excreção urinária de energia e as energias digestível e metabolizável das dietas não são influenciadas pela soja processada a vácuo ou a vapor. A digestibilidade da energia bruta é reduzida em 4 e 3% em dietas com soja processada a vácuo e a vapor, respectivamente.

O balanço do nitrogênio em suínos e a digestibilidade do fósforo não são alterados em dietas com soja processada a vácuo ou a vapor.

O processamento a vácuo para a soja integral melhora os teores digestíveis de proteína e energia.

### **Agradecimento**

Às empresas Delta Indústria de Equipamentos Agroindustriais Ltda e SanLac Panapharm pelo apoio na realização do experimento; à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa à mestranda do Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPGZ) Amanda d'Ávila Carvalho, ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa ao mestrando do PPGZ Luciano Hauschild e ao PPGZ.

## Literatura Citada

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington, V.A.: 1990.
- ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**, v.69, p.76-83, 1990.
- BÖHM, V.; KÜHNERT, S.; ROHM, H. et al. Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: A preliminary study. **Food Science Technology International**, v.12, p.67-75, 2006.
- CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA, O. M. et al. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, p.67-74, 2000.
- DROUZAS, A. E.; SCHUBERT, H. Microwave application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, v.28, p.203-209, 1996.
- EECKHOUT, W.; DE PAEPE, M. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, p.19-29, 1994.
- FABIAN, J.; CHIBA, L. I.; FROBISH, L. T. et al. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.2579-2587, 2004.
- FRIESEN, K. G.; NELSSSEN, J. L.; GOODBAND, R. D. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal Animal Science**, v.71, p.2099-2109, 1993.
- GODOY, S.; CHICCO, C.; MESCHY, F. et al. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. **Interciência**, v.30, p.24-28, 2005.
- HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. et al. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. **Journal Animal Science**, v.70, p.818-826, 1992.
- JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; MROZ, Z. Effect of supplementary microbial phytase in diets for pigs on digestibility of P and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal Animal Science**, v.69, p.385, 1991.
- KAANKUKA, F.; BALOGUN, T. F.; TEGBE, T. S. B. Effects of duration of cooking of full-fat soya beans on proximate analysis, levels of antinutritional factors, and digestibility by weaning pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.229-237, 1996.
- KOZANOGLU, B.; VASQUEZ, A. C.; CHANEZ, J. W. et al. Drying of seeds in a superheated steam vacuum fluidized bed. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.383-387, 2006.
- LIENER, I. E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: Liener, I. E. (Ed.). **Soy in animal nutrition**. Savoy: F. A. S. Soc. p.13-45. 2000.
- LONNERDAL, B.; JAYAWICKRAMA, L.; LEIN, E. L. Effect of reducing the phytate content and of partially hydrolyzing the protein in soy formula on zinc and copper absorption and status in infant rhesus monkeys and rat pups. **American Journal Clinical Nutrition**, v.69, p.490-496, 1999.



- MAJCHROWICZ, A. Innovative technologies could improve food safety. **Food Review**, v.22, p.16-20, 1999.
- MARTY, B. J.; CHAVEZ, E. R.; DE LANGE, C. F. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. **Journal Animal Science**, v.72, p.2029-2037, 1994.
- MARTY, B. J.; CHAVEZ, E. R. Ileal digestibilities and urinary losses of amino acids in pigs fed heat processed soybean products. **Livestock Production Science**, v.43, p.37-48, 1995.
- MATEOS, G. G.; LATORRE, M. A.; LÁZARO, R. Traitement de la graine de soja. 2002. Disponível em: [http://www.asa-europe.org/pdf/processsb\\_f.pdf](http://www.asa-europe.org/pdf/processsb_f.pdf). Acesso em: 20/02/2006.
- MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. Agr. Exp. Sta. Res. Rep., v. 7, p.11. 1965.
- MENDES, W. S.; SILVA, I. J.; FONTES, D. O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213, 2004.
- MINITAB. **Minitab manuel de l'utilisateur**. Versão 3.12, 1996. 328p.
- NITSAN, Z., DVORIN, A., ZOREF, Z. et al. Effect of added soyabean oil and dietary energy on metabolisable and net energy of broiler diets. **British Poultry Science**, v.38, p.101-106, 1997.
- NOBLET, J.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Metabolic utilization of dietary energy and nutrients for maintenance energy requirements in sows: Basis for a net energy system. **British Journal Nutrition**, v.70, p.407-419, 1993.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of swine. 10 ed. National Academy Press, Washington, DC. 1998. 189p.
- OTTO, E. R.; YOKOYAMA, M.; KU, P. K. et al. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal Animal Science**, v.81, p.1743-1753, 2003.
- PRACHAYAWARAKORN, S.; PRACHAYAWASIN, P.; SOPONRONNARIT, S. Heating process of soybean using hot-air and superheated-steam fluidized-bed dryers. **LWT**, v.39, p.770-778, 2006.
- QUIGLEY, M. E.; HUDSON, G. J.; ENGLYST, H. N. Determination of resistant short-chain carbohydrates (non-digestible oligosaccharides) using gas-liquid chromatography. **Food Chemistry**, v.65, p.381-390, 1999.
- SINDIRAÇÕES. Sindicato nacional da indústria da alimentação animal**. Disponível em: [www.sindiracoes.org.br](http://www.sindiracoes.org.br). Acesso em: 20/02/2006.
- SMIRICKY, M. R.; GRIESHOP, C. M.; ALBIN, D. M. et al. The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. **Journal Animal Science**, v.80, p.2433-2441, 2002.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibres**. Cornell University: 1987. 373p.
- ZUO, Y.; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R. et al. Digestion responses to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. **Journal Animal Science**, v.74, p.2441-2449, 1996.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISCUSSÃO GERAL**

Na formulação de dietas para monogástricos, além da composição nutricional, é necessário conhecer fatores que limitam o uso dos alimentos. Através de análises laboratoriais é possível quantificar esses componentes. Para a soja integral, a atividade ureásica (AU) e a solubilidade protéica (SP) são os indicadores de qualidade mais utilizados. Existem regulamentações para fatores antinutricionais quanto aos níveis aceitáveis que, na soja integral, se situam entre 0,05 e 0,30  $\Delta$ pH para a AU e 70 a 85% para a solubilidade protéica. No presente estudo os processos utilizados para as sojas não possibilitaram valores dentro dos padrões. Os processos térmicos diferem quanto a forma de aplicação do calor (úmido ou seco), temperatura, tempo de exposição e pressão. Existe uma padronização da metodologia de análise da SP aplicada a todas as sojas processadas. Possivelmente as regulamentações descritas na literatura não se aplicam aos processos térmicos estudados. Há necessidade de ajustes da metodologia de análise de SP a processos que utilizam calor úmido.

Em tabelas de composição de alimentos não foram encontrados dados da composição química da soja processada a vácuo ou a vapor (NRC, 1998; Rostagno, 2000). Poucos estudos publicados descrevem informações relacionadas ao tema (Café et al., 2000; Freitas et al., 2005). A soja processada a vácuo ( $SI_{vac}$ ) apresentou teores de proteína e extrato etéreo 6,4 e 12% superiores aos obtidos por Freitas et al. (2005). O conteúdo em fibra bruta foi inferior (-47,5%), possivelmente pela remoção da casca da soja no processamento. Os teores de cinzas, cálcio e fósforo foram menores em relação aos encontrados na literatura. Para os aminoácidos, a  $SI_{vac}$  apresentou maiores valores, exceto para a metionina (-28,3%).

A soja processada a vapor apresentou 3,3 e 11,0% mais proteína e extrato etéreo que o obtido por Café et al. (2000). Os valores de fibra bruta, cálcio e fósforo total foram inferiores. Os teores de metionina, metionina + cistina, lisina e treonina foram menores do que em Café et al. (2000).

Nos estudos citados, os processos térmicos utilizados para a soja são similares aos estudados nesta dissertação. Essa similaridade está relacionada a forma de aplicação do calor (úmido). Outras características, como pressão e temperatura podem afetar a composição nutricional. Essas características, além de fatores ambientais, de cultivo e genéticos podem explicar as variações na composição química das sojas processadas. Nesta revisão, diante dessas variações, identificou-se a necessidade de mais estudos que quantifiquem nutricionalmente a  $SI_{vac}$  e a  $SI$  processada a vapor. Isso pode permitir a inclusão dessas matérias primas em tabelas nacionais e/ou internacionais de composição de alimentos.

Os resultados de digestibilidade da energia e proteína e EM da soja integral para frangos de corte e suínos estão em conformidade com estudos anteriores (Qin et al., 1996; Sakomura et al., 2004; Freitas et al., 2005). Foram identificados poucos trabalhos de digestibilidade de dietas para aves e suínos contendo soja integral processada (Qin et al., 1996; Garcia et al., 2000). Em relação à digestibilidade de dietas, os resultados obtidos no presente trabalho diferiram dos estudos publicados. Para os processos térmicos estudados (vácuo ou vapor) não foram encontrados dados na literatura de digestibilidade de dietas e da soja processada a vapor. A digestibilidade de alguns nutrientes e a EM da soja processada a vácuo foram determinadas em frangos de corte recentemente (Freitas et al., 2005). Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e extrato etéreo foram inferiores em 15,9% (61,05 vs 52,68%) e 5,5% (89,58 vs 84,88%) aos obtidos nesta dissertação. Ao contrário, a EM aparente e EM corrigida para retenção de N foram superiores em 5,7% (3.375 vs 3.581 kcal/kg) e 3,0% (3.257 vs 3.359 kcal/kg).

Além do tipo de processamento, outros fatores podem interferir na digestibilidade de ingredientes e dietas e na metabolizabilidade da energia. Esses fatores estão relacionados a características inerentes à dieta e ao animal.

A maioria das variações na digestibilidade da energia das dietas é relacionada aos componentes fibrosos, como lignina e polissacarídeos não amiláceos. Em relação ao amido, gordura ou proteína, a fibra é menos digestível (<50%). Além disso, diminui a absorção dos nutrientes da dieta, por formar uma barreira evitando o contato com a mucosa intestinal (Noblet & van Milgen, 2004). Em dietas de monogástricos, o coeficiente de digestibilidade da energia bruta varia de 70 a 90%, o que foi constatado no presente trabalho. As oleaginosas contêm oligossacarídeos (OS) com função estrutural. Esses compostos são pouco digeridos pelas secreções endógenas do trato digestório de monogástricos. Além da baixa digestibilidade, os OS aumentam a viscosidade da digesta. Isso interfere na interação entre substratos e enzimas na mucosa intestinal (Smiricky et al., 2002). A EM da soja integral processada, no entanto, é aproximadamente 30% superior para os suínos em relação às aves (Rostagno, 2000), o que foi observado no presente estudo (+23,8%). Em frangos de corte e suínos, aspectos fisiológicos da digestão podem estar relacionados a essa variação.

No intestino grosso das aves, há pouca atividade microbiana com principal atuação na absorção de água e eletrólitos. Nos suínos, mínima fermentação da fibra ocorre no íleo e grande parte no ceco, por bactérias aeróbicas e anaeróbicas. Os produtos finais dessa fermentação são ácidos graxos voláteis (AGV) de cadeia curta. No ceco, esses ácidos são absorvidos e utilizados como fonte de energia. Em frangos de corte, os AGV fornecem 2 a 3% da energia para a manutenção (Em). Em suínos, estudos sugeriram que, dependendo do tipo e nível de fibra alimentar, até 28% da Em pode provir dos ácidos graxos voláteis. (Low, 1993) Em oleaginosas, os oligossacarídeos (OS) estaquiose e rafinose representam de 4 a 6% do conteúdo nutricional e são termoestáveis.

Em sojas processadas a desnaturação das proteínas antigênicas diminui a taxa de mitose dos enterócitos (Friesen et al., 1993). Isso reduz o gasto energético na regeneração do epitélio intestinal. Nos suínos em função do trato gastrintestinal responder por parte da Em, a redução na mitose dos enterócitos pode influenciar no metabolismo energético. Essa característica associada a maior habilidade dos suínos na fermentação da porção fibrosa da soja possivelmente interferiu na metabolização da energia.

Em dietas com soja integral, o maior teor de extrato etéreo (EE) pode interferir na digestibilidade. Isso foi observado neste trabalho, no qual, para frangos de corte, a digestibilidade do EE da dieta com soja processada a vácuo foi 7,2% superior à da dieta controle (90,3 vs 83,8%). Os lipídios reduzem a velocidade de passagem do alimento. Essa redução aumenta a digestibilidade pela atuação prolongada das enzimas digestivas. Neste estudo, no entanto, a digestibilidade do EE das dietas para suínos não foi diferente.

Outros fatores relacionados ao animal, como a idade e a extensão do trato digestório, podem interferir na digestão e absorção dos lipídios da dieta. Em animais jovens, a produção de lipase e a capacidade absorptiva dos enterócitos são limitadas. No frango de corte e no suíno, essa capacidade só é evidenciada a partir dos 14 e 28 dias de idade. Nesse sentido, em relação às aves, os suínos utilizados no presente trabalho seriam mais aptos em digerir a gordura da soja integral. As aves utilizadas neste trabalho encontravam-se na fase inicial. Para os suínos, o peso médio ( $51 \pm 5,1$  kg) é considerado representativo das fases de crescimento e terminação (Noblet & van Milgen, 2004).

Existe correlação positiva entre peso vivo e comprimento do trato digestório, de forma que este último também interfere na digestibilidade. Em relação aos suínos, os frangos de corte possuem um trato digestório mais curto, de modo que a velocidade de trânsito da digesta é maior. Isso implica em menor tempo de exposição do alimento às enzimas digestivas e, conseqüentemente, menor digestibilidade. Nesta dissertação, numericamente, os coeficientes de digestibilidade do EE da soja integral foram maiores para os frangos de corte. Adicionalmente, a digestão e absorção da gordura são favorecidas pela atividade proteolítica do estômago. Essa atividade auxilia na separação dos lipídios do alimento para emulsificação no intestino delgado. Os frangos de corte produzem mais ácido clorídrico e pepsinogênio que os suínos (Macari et al., 1994). Isso pode ter influenciado na digestibilidade do EE entre as duas espécies.

Quanto às proteínas, nem todos os fatores que afetam a digestibilidade são conhecidos. Nas dietas, a baixa digestibilidade é geralmente associada ao sub ou superprocessamento do farelo ou da soja integral. Em sojas subprocessadas, a digestão das proteínas é incompleta. No intestino grosso essas proteínas são utilizadas

como substrato aos microorganismos. Isso estimula a proliferação microbiana, resultando em distúrbios digestivos e diarreia. No presente trabalho, ainda que a SP da soja processada a vácuo tenha indicado subprocessamento, a digestibilidade e o balanço do N dos frangos e dos suínos foram similares entre as dietas. Foi observado, no entanto, maiores coeficientes de digestibilidade da proteína para os suínos. Fisiologicamente, animais em crescimento são mais aptos em digerir proteínas do que os jovens.

Os tipos de processamento, embora atribuíssem à soja parâmetros de qualidade fora dos padrões, não alteraram as variáveis avaliadas in vivo. Isso torna a soja processada a vácuo ou a vapor uma alternativa digestiva e metabólica ao farelo de soja e ao óleo nas dietas. Na literatura consultada neste capítulo, contudo, verificaram-se peculiaridades ao uso da soja integral processada para aves e suínos. Nesse sentido, tornam-se necessários mais estudos que avaliem o uso direcionado às fases produtivas e ao controle de qualidade relacionado ao tipo de processamento.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

#### 1. Frangos de corte

O processo a vácuo para a soja integral melhora a digestibilidade da energia bruta e a energia metabolizável aparente de dietas.

A digestibilidade e a absorção do nitrogênio não são influenciadas por dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor.

A matéria seca, proteína e extrato etéreo digestíveis, as energias metabolizável aparente e corrigida para retenção de nitrogênio não são diferentes para a soja integral processada a vácuo ou a vapor.

#### 2. Suínos

A digestibilidade da energia bruta é reduzida em 4 e 3% em dietas com soja processada a vácuo e a vapor, respectivamente. A energia digestível e metabolizável das dietas não são influenciadas pela soja processada a vácuo ou a vapor.

O balanço do nitrogênio e a digestibilidade do fósforo não são alterados em dietas com soja processada a vácuo ou a vapor.

O processamento a vácuo para a soja integral melhora os teores digestíveis de proteína e energia.

## REFERÊNCIAS

Associação brasileira dos produtores e exportadores de frango. Disponível em <<http://www.abef.com.br/>>. Acesso em: 04/11/2006. 2005.

Associação brasileira das indústrias de óleos vegetais. In: Disponível em <<http://www.abiove.com.br/>>. Acesso em: 31/05/2006. 2006.

Associação brasileira da indústria produtora e exportadora de carne suína. In: Disponível em <<http://www.abipecs.com.br/>>. Acesso em: 04/11/2006. 2005.

ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**, v.69, n. 1, p. 76-83, 1990.

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

American soybean association. Disponível em <<http://www.asa-europe.org/index.htm>>. Acesso em: 04/11/2006.

BATAGLIA, A. M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1990. p. 73-81.

BELLAVER, C.; SNIZEK JR., P. N. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina, 1999. p. 183-199.

BENABDELJELIL, K. 1999. **Le soja graine entière**. American Soybean Association (ASA). p 64, Brussels, Belgium.

BERTECHINI, A. G. **Níveis de energia para suínos nas fases de crescimento e terminação**. 1983. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983.



BERTOL, T. M. et al. Substituição parcial do farelo de soja por soja integral extrusada na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 744-752, 2001a.

BERTOL, T. M. et al. Substituição parcial do farelo de soja por soja integral extrusada na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 744-752, 2001b.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: História e estatística**. Londrina: 1987. 61 p.

BORGES, S. A. et al. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS - CBNA, 2003, Cascavel. **Anais...** Cascavel, 2003. p. 21-59.

CAFÉ, M. B. et al. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 67-74, 2000a.

CAFÉ, M. B. et al. Composição e digestibilidade dos aminoácidos das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 59-66, 2000b.

CLARKE, E.; WISEMAN, J. Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya bean meals on true and apparent ileal digestibility of amino acids and pancreas size in broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v. 121, p. 125-138, 2005.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528 p.

DOERGE, D. R.; SHEEHAN, D. M. Goitrogenic and estrogenic activity of soy isoflavones. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 3, p. 349-353, 2002.

DUNSFORD, B. R. et al. Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 7, p. 1855-1863, 1989.

EMBRAPA. **A origem do grão e histórico no Brasil**. Disponível em <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=112&cod\\_pai=33](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=112&cod_pai=33)>. Acesso em: 25/10/2006. 2006.

FAOSTAT. Fao statistical databases. In: 2005. Disponível em <<http://www.faostat.fao.org.br>>. Acesso em: 22/06/2005.

FREITAS, E. R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1938-1949, 2005.

FRIESEN, K. G. et al. The effect of pre- and postweaning exposure to soybean meal on growth performance and on the immune response in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p. 2089-2098, 1993a.

FRIESEN, K. G. et al. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 8, p. 2099-2109, 1993b.

GARCIA, E. R. de M. et al. Efeito da suplementação enzimática em rações com farelo de soja e soja integral extrusada sobre a digestibilidade de nutrientes, o fluxo de nutrientes na digesta ileal e o desempenho de frangos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1414-1426, 2000.

GODOY, S. et al. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. **Interciência**, v. 30, n. 1, p. 24-28, 2005.

HANCOCK, J. D. Extrusion technologies to produce quality pig feed. **Feed Technology**, v. 5, n. 3, p. 18-20, 2001.

HERKELMAN, K. L. et al. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 818-826, 1992.

IGREJA, A. C. M. et al. **A evolução da soja no estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola**. São Paulo: IEA: 1988.

KIERS, J. L. et al. Effect of fermented soya beans on diarrhoea and feed efficiency in weaned piglets. **Journal Applied Microbiology**, v. 95, n. 3, p. 545-552, 2003.

KIM, I. H. et al. Influence of processing method on ileal digestibility of nutrients from soybeans in growing and finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 13, p. 192-199, 2000.

LI, D. F. et al. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 6, p. 1790-1799, 1990.

LI, D. F. et al. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 10, p. 4062-4069, 1991a.

LI, D. F. et al. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 8, p. 3299-3307, 1991b.

LIENER, I. E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: SOC., F. A. S. **Soy in animal nutrition**. Savoy: 2000. p. 13-45.

LIENER, I. E. Toxic factors in edible legumes and their elimination. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 11, p. 281-298, 1962.

LINDEMAN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 1298-1307, 1986.

LONGO, F. A. et al. Determination of the energetic value of corn, soybean meal and micronized full fat soybean for newly hatched chicks. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 3, p. 147-151, 2004.

LOW, A. G. Role of dietary fibre in pig diets. In: COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent developments in pig nutrition**. 2. ed. Leicestershire: University of Nottingham, 1993. p. 375.

MACARI, M. et al. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP: 1994. 296 p.

MAENZ, D. D. et al. Carbohydrate-binding and agglutinating lectins in raw and processed soybean meals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 76, n. 3-4, p. 335-343, 1999.

MARTY, B. J.; CHAVEZ, E. R. Effects of heat processing on digestible energy and other nutrient digestibilities of full-fat soybeans fed to weaner, grower and finisher pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, p.411, 1993.

MARTY, B. J. et al. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 8, p. 2029-2037, 1994.

MATEOS, G. G. et al. **Traitement de la graine de soja**. 2002. Disponível em: [http://www.asa-europe.org/pdf/processsb\\_f.pdf](http://www.asa-europe.org/pdf/processsb_f.pdf). Acesso em: 20/02/2006.

MATEOS, G. G.; SALADO, S. **Recent developments in the use of fullfat soybeans in diets for poultry**. 17p.1999

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of oilseeds. **Nutrition Bulletin**, v. 30, n. p. 13-16, 2005.

MENDES, W. S. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, p. 207-213, 2004.

MOLITORIS, B. A.; BAKER, D. H. Assessment of the quantity of biologically available choline in soybean meal. **Journal of Animal Science**, v. 42, p. 481-489, 1976.

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

NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, v. 82 E-Suppl, n. p. E229-238, 2004.

NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington: National academy. 189p. 1998.

PALACIOS, M. F. et al. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1108-1114, 2004.

PARAÍSO, P. R. et al. Destilação da micela i: Modelagem e simulação da evaporação do hexano. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 459-467, 2003.

PUCCI, L. E. A. et al. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 909-917, 2003.

QIN, G. et al. Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 313-324, 1996.

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1771-1782, 2002a.

RODRIGUES, P. B. et al. Aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos, determinados com galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 970-981, 2002b.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Rostagno, H.S., 2000. 141p.

ROSTAGNO, H. S. et al. Retrospectiva e desafios da produção animal - aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 49-64.

SAKOMURA, N. K. et al. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 924-935, 2004.

SHURTLEFF, W.; AOYAGI, A. **History of soybeans and soyfoods in Latin America**. Disponível em <<http://www.thesoydailyclub.com/SFC/history&s161.asp>>. Acesso em: 14/10/2006.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. D. Fatores antinutricionais: Inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SINDIRAÇÕES. Sindicato nacional da indústria da alimentação animal. Disponível em <<http://www.sindiracoes.com.br>>. Acesso em: 20/02/2006. 2006.

SMIRICKY, M. R. et al. The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2433-2441, 2002.

SOARES, J. L. et al. Soja integral processada (fermentada e extrusada) e farelo de soja em substituição ao leite em pó em dieta de leitões desmamados aos 14 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1153-1161, 2000.

SWICK, R. A. **An update on soybean meal quality considerations**. In: Singapore: American Soybean Association, 2001. Disponível em: <http://www.asa-europe.org/index.htm>. Acesso em: 22/07/2006.

TAO, B. Y. Industrial applications for soybeans. In: **ACHEMA**, 25, 1997, Frankfurt, **Anais...** Frankfurt. 1997. p.1-15

TEIXEIRA, A. O. D. et al. Efeito de dietas simples e complexas sobre a morfo-fisiologia gastrointestinal de leitões até 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 926-934, 2003.

TEIXEIRA, Z. S. **Utilização do óleo de soja na alimentação de frangos de corte**. 1974. 81f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1974.

TORRES, A. P. **Alimentos e nutrição das aves domésticas**. São Paulo: Nobel, 1979. 324 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibres**. Cornell University: 1987. 373p.

WALDROUP, P. W. **Soybean meal in poultry nutrition**. In: Soybean Meal Info Source, 2002. Disponível em: <<http://www.soymeal.org/pdf/Infomay2002.pdf>>. Acesso em: 15/10/2006.

WHITTLE, E.; ARABA, M. Sources of variation in the protein solubility assay for soybean meal. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 1, p. 221-225, 1992.

YAMADA, L. T. P. et al. Composição química e conteúdo de ferro solúvel em soja [*Glycine max* (L.) merrill]. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 2, p. 406-413, 2003.

ZANELLA, I. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v. 78, p.561-568, 1999.

ZONTA, M. C. D. M. et al. Energia metabolizável de farinhas de soja ou produtos de soja, determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Arquivos de Zootecnia**, v. 55, n. 209, p. 21-30, 2006.

## **APÊNDICES**



APÊNDICE A – Valores por unidade experimental de peso vivo, ganho médio diário, consumo de ração, conversão alimentar e digestibilidade da matéria seca de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																	
	Controle						Soja processada a vácuo						Soja processada a vapor					
	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr
PV inicial, kg	57,4	48,9	57,9	40,8	51,25	4,05	50,6	56,2	45,2	50,4	50,60	2,25	52,0	55,2	50,0	50,4	51,90	1,18
PV final, kg	66,6	55,6	65,6	49,0	59,20	4,21	59,3	65,6	55,2	60,1	60,05	2,14	61,7	63,8	59,8	59,4	61,18	1,01
Gmd, kg	1,32	0,96	1,11	1,17	1,14	0,07	1,25	1,35	1,43	1,39	1,36	0,04	1,39	1,24	1,40	1,28	1,33	0,04
Consumo ração, kg	2,33	2,13	2,34	1,91	2,18	0,10	2,17	2,30	2,03	2,16	2,17	0,06	2,20	2,27	2,13	2,16	2,19	0,03
CA, kg/kg	1,76	2,21	2,11	1,63	1,93	0,14	1,74	1,71	1,42	1,56	1,61	0,07	1,58	1,83	1,52	1,69	1,66	0,07
MS ing, kg	14,3	13,0	14,4	11,7	13,35	0,64	13,5	14,3	12,6	13,4	13,45	0,35	13,6	14,0	13,2	13,4	13,55	0,17
MS exc, kg	1,13	0,98	1,37	1,00	1,12	0,09	1,30	1,35	2,00	1,50	1,54	0,16	1,33	1,37	1,53	1,39	1,41	0,04
CDMS, %	92,1	92,5	90,5	91,4	91,63	0,44	90,4	90,5	84,1	88,8	88,45	1,50	90,2	90,2	88,4	89,6	89,60	0,42
MS digestível, %	80,9	81,2	79,5	80,3	80,48	0,37	80,2	80,3	74,6	78,8	78,48	1,34	79,8	79,8	78,2	79,3	79,28	0,38

Epr - erro padrão residual

APÊNDICE B – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do nitrogênio de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																	
	Controle						Soja processada a vácuo						Soja processada a vapor					
	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr
N ing, g dia <sup>-1</sup>	63,4	57,9	63,6	51,9	59,20	2,77	58,5	62,1	54,8	58,3	58,43	1,49	59,2	61,0	57,3	58,2	58,93	0,79
N fec, g dia <sup>-1</sup>	4,55	3,67	6,95	5,15	5,08	0,69	3,47	3,46	9,01	6,09	5,51	1,32	4,39	4,58	5,10	4,16	4,56	0,20
CDPB, %	92,8	93,7	89,0	90,0	91,38	1,12	94,0	94,4	83,5	89,5	90,35	2,54	92,6	92,5	91,1	92,8	92,25	0,39
PB dig, %	17,9	18,1	17,2	17,4	17,65	0,21	17,9	17,9	15,9	17,0	17,18	0,48	17,6	17,6	17,3	17,6	17,53	0,08
N uri, g dia <sup>-1</sup>	9,8	14,2	7,6	9,4	10,25	1,40	17,9	4,5	9,8	7,3	9,88	2,89	7,8	9,2	14,9	14,6	11,63	1,83
N abs, g dia <sup>-1</sup>	58,8	54,2	56,6	46,7	54,08	2,63	55,0	58,7	45,8	52,2	52,93	2,72	54,8	56,5	52,2	54,0	54,38	0,89
N ret, g dia <sup>-1</sup>	49,0	40,0	49,0	37,3	43,83	3,04	37,1	54,2	36,0	44,9	43,05	4,21	47,0	47,3	37,3	39,4	42,75	2,58

Epr - erro padrão residual

APÊNDICE C – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo da energia de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada

Variáveis	Tratamentos																	
	Controle						Soja processada a vácuo						Soja processada a vapor					
	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr
E ing, kcal dia <sup>-1</sup>	9.407	8.590	9.437	7.701	8.783	411	9.241	9.815	8.661	9.210	9.232	236	9.205	9.493	8.912	9.047	9.164	125
E fec, kcal dia <sup>-1</sup>	670	589	867	618	686	63	928	931	1.396	1.023	1.070	111	880	914	1.079	931	951	44
CDEB, %	93	93	91	92	92	0,5	90	90	84	89	88	2	90	90,4	87,9	90	90	1
E uri, kcal dia <sup>-1</sup>	89	131	70	86	94	13	164	41	89	67	90	26	72	842	137	134	107	17
ED, kcal dia <sup>-1</sup>	8.736	8.000	8.570	7.083	8.097	373	8.312	8.884	7.265	8.187	8.162	335	8.325	8.579	7.833	8.116	8.213	158
EM, kcal dia <sup>-1</sup>	8.647	7.870	8.500	6.997	8.003	375	8.149	8.844	7.175	8.119	8.072	343	8.254	8.495	7.696	7.981	8.107	172
EM, kcal kg <sup>-1</sup>	3.994	3.843	3.959	3.904	3.925	33	3.789	4.223	3.719	4.051	3.946	117	4.043	4.009	3.700	3.801	3.888	82

Epr - erro padrão residual

APÊNDICE D – Valores por unidade experimental de digestibilidade do fósforo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																	
	Controle						Soja processada a vácuo						Soja processada a vapor					
	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr
P ing, g dia <sup>-1</sup>	10,45	9,54	10,48	8,55	9,75	0,46	13,69	14,54	12,83	13,64	13,67	0,35	15,93	16,42	15,42	15,65	15,85	0,22
P fec, g dia <sup>-1</sup>	3,50	1,50	3,95	2,48	2,85	0,50	2,69	4,95	3,58	3,50	3,68	0,47	3,95	4,04	3,72	4,44	4,03	0,15
CDP, %	66,5	84,3	62,3	71,0	71,02	4,77	80,3	66,0	72,0	74,3	73,15	2,97	75,2	75,4	75,9	71,6	74,52	0,97
P dig, %	0,34	0,43	0,32	0,36	0,36	0,02	0,57	0,47	0,51	0,53	0,52	0,02	0,61	0,62	0,62	0,58	0,60	0,009

Epr - erro padrão residual

APÊNDICE E – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do extrato etéreo de suínos alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																	
	Controle						Soja processada a vácuo						Soja processada a vapor					
	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr	1	2	3	4	Média	Epr
EE ing, g dia <sup>-1</sup>	55,0	50,2	55,2	45,0	51,3	2,41	149,7	159,0	140,3	149,2	149,5	3,8	126,8	130,8	122,8	124,6	126,2	1,7
EE fec, g dia <sup>-1</sup>	7,6	5,3	12,4	8,6	8,5	1,48	11,1	9,0	37,9	22,3	20,1	6,6	14,8	16,0	31,9	13,7	19,1	4,3
CDEE, %	86,2	89,4	77,5	80,8	83,5	2,67	92,5	94,3	73,0	85,0	86,2	4,8	88,3	87,7	74,0	89,0	84,7	3,6
EE dig, %	2,64	2,73	2,37	2,47	2,5	0,08	8,11	8,27	6,40	7,45	7,5	0,4	6,50	6,45	5,45	6,55	6,2	0,1

Epr - erro padrão residual

APÊNDICE F – Valores por unidade experimental de consumo e digestibilidade da matéria seca de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																							
	Controle								Soja processada a vácuo								Soja processada a vapor							
	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>
CR, g dia <sup>-1</sup>	568	706	655	670	665	617	647	20	515	536	616	637	629	657	598	24	623	632	623	581	646	632	623	9
MS ing, g dia <sup>-1</sup>	501	623	577	591	587	544	571	17	461	479	551	570	563	588	535	21	557	565	557	520	578	566	557	8
MS exc, g dia <sup>-1</sup>	131	186	147	146	152	130	149	8	130	126	154	158	147	161	146	6	175	165	167	154	176	170	168	3
CDMS, %	73,8	70,1	74,5	75,3	74,1	76,1	74,0	0,8	71,8	73,7	72,0	72,3	73,8	72,6	72,7	0,4	68,6	70,8	70,0	70,4	69,5	70,0	69,9	0,3
MS dig, %	65,1	61,9	65,7	66,4	65,4	67,1	65,3	0,7	64,2	65,9	64,4	64,6	66,1	65,0	65,0	0,3	61,4	63,3	62,6	63,0	62,2	62,6	62,5	0,3

<sup>1</sup> Média

<sup>2</sup> Erro padrão residual

APÊNDICE G – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do nitrogênio de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																							
	Controle								Soja processada a vácuo								Soja processada a vapor							
	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>
N ing, g dia <sup>-1</sup>	23,5	29,2	27,0	27,7	27,5	25,5	26,7	0,8	17,8	18,5	21,3	22,0	21,8	22,7	20,7	0,8	21,4	21,7	21,4	20,0	22,2	21,7	21,4	0,3
N fec, g dia <sup>-1</sup>	4,2	10,4	8,0	8,0	9,0	7,3	7,8	0,8	5,0	4,4	5,3	6,0	5,9	6,3	5,5	0,3	6,1	5,3	5,5	5,4	6,8	6,0	5,9	0,2
CDPB, %	82,1	64,4	70,4	71,1	67,3	71,4	71,1	2,5	71,9	76,2	75,1	72,7	72,9	72,2	73,5	0,7	71,5	75,6	74,3	73,0	69,4	72,3	72,7	0,9
PB dig, %	24,0	18,9	20,6	20,8	19,7	20,9	20,8	0,7	17,4	18,4	18,1	17,6	17,6	17,4	17,8	0,2	17,2	18,2	17,8	17,5	16,7	17,4	17,5	0,2
N ret, g dia <sup>-1</sup>	19,3	18,8	19,0	19,7	18,5	18,2	18,9	0,2	12,8	14,1	16,0	16,0	15,9	16,4	15,2	0,6	15,3	16,4	15,9	14,6	15,4	15,7	15,6	0,2

<sup>1</sup> Média

<sup>2</sup> Erro padrão residual

APÊNDICE H – Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo da energia de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																							
	Controle								Soja processada a vácuo								Soja processada a vapor							
	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>
E ing	2.547	3.166	2.935	3.004	2.982	2.767	2.900	88	2.336	2.425	2.793	2.890	2.853	2.980	2.713	109	2.658	2.696	2.659	2.482	2.760	2.699	2.659	39
E fec	498	669	519	537	568	508	550	26	407	435	458	480	461	424	444	11	651	557	524	500	630	547	568	24
CDEB	80,4	78,8	82,3	82,1	80,9	81,6	81	0,5	82,6	82,0	83,6	83,4	83,8	85,7	83,5	0,5	75,5	79,3	80,3	79,8	77,2	79,7	78,6	0,8
EM <sub>n</sub> <sup>3</sup>	1.889	2.342	2.259	2.306	2.262	2.109	2.195	69	1.823	1.879	2.203	2.278	2.261	2.420	2.144	97	1.881	2.003	2.005	1.862	2.005	2.023	1.963	29
EM <sub>n</sub> <sup>4</sup>	3.770	3.759	3.911	3.901	3.854	3.874	3.845	27	3.956	3.919	3.998	3.995	4.017	4.117	4.000	27	3.378	3.546	3.598	3.580	3.468	3.575	3.524	35

<sup>1</sup> Média

<sup>2</sup> Erro padrão residual

<sup>3</sup> Energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio, kcal dia<sup>-1</sup>

<sup>4</sup> Energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio, kcal kg<sup>-1</sup> MS



APÊNDICE I - Valores por unidade experimental de digestibilidade e metabolismo do extrato etéreo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor

Variáveis	Tratamentos																							
	Controle								Soja processada a vácuo								Soja processada a vapor							
	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	M <sup>1</sup>	E <sup>2</sup>
EE ing, g dia <sup>-1</sup>	17,3	21,5	20,0	20,4	20,3	18,8	19,7	0,6	43,6	45,4	52,1	54,0	53,3	55,6	50,7	2,0	54,7	55,5	54,7	51,0	56,8	55,5	54,7	0,8
EE fec, g dia <sup>-1</sup>	3,0	4,5	2,6	2,5	3,0	3,5	3,2	0,3	3,8	4,0	4,0	4,7	6,2	6,5	4,9	0,5	7,9	5,2	6,9	5,2	7,8	8,4	6,9	0,6
CDEE, %	82,6	79,0	87,0	87,7	85,2	81,4	83,8	1,4	91,3	91,2	92,3	91,3	88,4	88,3	90,5	0,7	85,5	90,6	87,4	89,8	86,3	84,9	87,4	0,9
EE dig, %	3,24	3,09	3,41	3,44	3,33	3,19	3,3	0,1	9,65	9,64	9,76	9,65	9,34	9,33	9,6	0,1	9,38	9,93	9,59	9,85	9,47	9,31	9,6	0,1

<sup>1</sup> Média

<sup>2</sup> Erro padrão residual

### Artigos completos publicados em periódicos

LOVATTO, Paulo Alberto; VIELMO, Hernan; OLIVEIRA, Vladimir de; HAUSCHILD, Luciano; ANTOCHEVIEZ, Renata Franco; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; KUNRATH, Marco Antônio. Características de carcaças de suínos alimentados do desmame ao abate em comedouro de acesso único equipado ou não com bebedouro. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 229-233, 2006.

SARTOR, Cláudio; HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; KUNRATH, Marco Antônio; LOVATTO, Paulo Alberto. Digestibilidade aparente da dieta e balanço do nitrogênio em suínos de diferentes grupos genéticos com ou sem restrição alimentar. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 617-623, 2006.

HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; KUNRATH, Marco Antônio; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; MALLMANN, Carlos Augusto. Digestibilidade de dietas e balanços metabólicos de suínos alimentados com dietas contendo aflatoxinas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, 2006.

FREITAS, Francine Barbosa de; ZANELLA, Irineo; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; RABER, Marcos Roberto; BRUM JÚNIOR, Berilo de Souza; SOUZA, Juliani Farias; FRANCO, Silvana da Silva; ROSA, Alexandre Pires. Avaliação de complexo multienzimático com níveis de trigo para poedeiras na fase de recria. **Ars. Veterinaria**, v. 21, n. 1, p. 001-006, 2005.

LOVATTO, Paulo Alberto; HAUSCHILD, Luciano; HAUPTLI, Lucélia; LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*. Modelagem da Ingestão, Retenção e Excreção de Nitrogênio e Fósforo pela Suinocultura Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2348-2354, 2005.

LOVATTO, Paulo Alberto; HAUSCHILD, Luciano; LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 883-890, 2005.

### Artigos completos em tramitação

HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; MALLMANN, Carlos Augusto. Alimentação de suínos com dietas contendo zearalenona com adição de organoaluminossilicato: digestibilidade e metabolismo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2006.

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; ZANELLA, Irineo; ANDRETTA, Ines; LANFERDINI, Eloiza; LEHNEN, Cheila Roberta; HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto. Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. **Ciência Rural**, 2006.

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano; ANDRETTA, Ines; LEHNEN, Cheila Roberta; ZANELLA, Irineo; LOVATTO, Paulo Alberto. Digestibilidade Aparente de Dietas e Metabolismo de Suínos Alimentados com Dietas Contendo Soja Integral Processada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2006.

HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; *CARVALHO, Amanda D'ávila*. Meta-análise da relação entre níveis plasmáticos de zinco e cobre e componentes nutricionais da dieta e ganho de peso em leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2006.

RIOS, José Nilson Flores; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; ZANELLA, Irineo; RABER, Marcos Roberto; BONATO, Elivelton Luiz; SCHER, Anelcir; FRANCO, Silvana da Silva. Programas de Restrição Alimentar para Matrizes tipo Corte em Fase de Recria. **Ars. Veterinaria**, 2006.

MARQUES, Brenda Maria Ferreira Passos Prado E; ROSA, Gisele Bertol; HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; LOVATTO, Paulo Alberto. Substituição do milho pelo sorgo baixo tanino em dietas para suínos em crescimento: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2006.

HAUSCHILD, Luciano; LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; LOVATTO, Paulo Alberto. Substituição do milho por triticales e adição de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2006.

### **Trabalhos completos em anais de eventos**

LOVATTO, Paulo Alberto; HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*. Modelagem matemática aplicada à produção animal. In: SIMPÓSIO DO SAPIA - GESTÃO DA NUTRIÇÃO, 2005, São Paulo, SP. **SIMPÓSIO DO SAPIA**. São Paulo, SP: SAPIA, 2005.

### **Resumos simples em anais de eventos**

LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto. Meta-análise da excreção fecal e urinária de suínos utilizados em estudos de digestibilidade. In: **Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria, RS: UFSM, 2006.

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; LEHNEN, Cheila Roberta; HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto. Meta-análise do balanço do nitrogênio e digestibilidade do fósforo de suínos alimentados com dietas contendo alimentos alternativos. In: **Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria, RS: UFSM, 2006.

HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; ANTOCHIEVEZ, Renata; LEHNEN, Cheila Roberta; MALLMANN, Carlos Augusto; LOVATTO, Paulo Alberto. Perfil nutricional de 42 genótipos de milho. In: **Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria, RS: UFSM, 2006.

ANDRETTA, Ines; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano; GIACOMINI, Leandro; MALLMANN, Carlos Augusto; LOVATTO, Paulo Alberto. Respostas estrogênicas da zearalenona em suínos. In: **Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria, RS: UFSM, 2006.

### **Resumos expandidos em anais de eventos**

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; ZANELLA, Irineo; LANFERDINI, Eloiza; HAUSCHILD, Luciano; LEHNEN, Cheila Roberta; ANDRETTA, Ines; SANTOS, Guilherme Bordinhão dos. Composição química, controle de qualidade e efeito do processamento do milho e da soja integral para frangos de corte na fase inicial. In: **43 REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**. João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; CAVAZINI, Neimar. Desempenho de leitões lactentes de porcas alimentadas com dietas com ou sem adição de enzimas. In: **Congresso Latinoamericano de Suinocultura**. Foz do Iguaçu: 2006.

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano; DANIEL, Éverton; ANDRETTA, Ines; LEHNEN, Cheila Roberta; LOVATTO, Paulo Alberto. Digestibilidade e teor energético de dietas contendo soja integral processada a vácuo ou a vapor para suínos. In: **Congresso Latinoamericano de Suinocultura**. Foz do Iguaçu: 2006.

HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; LEHNEN, Cheila Roberta; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; MALLMANN, Carlos Augusto. Digestibilidade de

dietas e balanços metabólicos de suínos alimentados com dietas contendo zearalenona com ou sem adição de organoaluminossilicato. In: **43 REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**. João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

MARQUES, Brenda Maria Ferreira Passos Prado E; ROSA, Gisele Bertol; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano; LOVATTO, Paulo Alberto; GARCIA, Gerson Guarez. Digestibilidade de dietas contendo diferentes níveis de sorgo baixo tanino em substituição ao milho para suínos em crescimento. In: **CONGRESSO DA ABRAVES**, 12, 2005, Fortaleza, CE. Fortaleza: Embrapa, 2005.

HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; MARQUES, Brenda Maria Ferreira Passos Prado E; KUNRATH, Marco Antônio; LOVATTO, Paulo Alberto. Ganho protéico de suínos em crescimento e terminação no Brasil entre 1994 e 2000 - Ajuste dos resultados ao modelo nutricional do NRC (1998). In: **CONGRESSO DA ABRAVES**, 12, 2005, Fortaleza, CE. Fortaleza: Embrapa, 2005.

ROSA, Gisele Bertol; MARQUES, Brenda Maria Ferreira Passos Prado E; HAUSCHILD, Luciano; *CARVALHO, Amanda D'ávila*; GARCIA, Gerson Guarez; LOVATTO, Paulo Alberto. Metabolismo de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes níveis de sorgo baixo tanino em substituição ao milho. In: **CONGRESSO DA ABRAVES**, 12, 2005, Fortaleza, CE. Fortaleza, CE: Embrapa, 2005.

### **Demais trabalhos**

*CARVALHO, Amanda D'ávila*. **Curso P3 - Planeje, pesquise e publique**. 2005. (Cursos).

*CARVALHO, Amanda D'ávila*; HAUSCHILD, Luciano. **Produção Avícola e Suinícola no Brasil e sua relação com o meio ambiente**. 2005. (Palestras ministradas).

### **Participação em eventos**

**43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 2006. (Participação em eventos/Congresso).

## ANEXOS



Anexo 1 – Frangos de corte – Sala experimental e baterias metálicas



Anexo 2 – Frangos de corte – Gaiola com bandeja coletora de excretas



Anexo 3 - Suínos – Sala experimental e gaiolas metabólicas



Anexo 4 - Unidade de desativação de soja a vácuo



Anexo 5 - Equipamento para desativação de soja a vapor