

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**TESE**

**Soja semi-integral submetida a diferentes temperaturas de  
extrusão na alimentação de frangos de corte**

**Marcos Fabio de Lima**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SOJA SEMI-INTEGRAL SUBMETIDA A DIFERENTES  
TEMPERATURAS DE EXTRUSÃO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS  
DE CORTE**

**MARCOS FABIO DE LIMA**

*Sob a orientação da Professora*  
**Cristina Amorim Ribeiro de Lima**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ  
Junho de 2016

583.74

L732s

T

Lima, Marcos Fabio de, 1977-

Soja semi-integral submetida a diferentes temperaturas de extrusão na alimentação de frangos de corte / Marcos Fabio de Lima - 2016.

89 f. : il.

Orientador: Cristina Amorim Ribeiro de Lima.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

Bibliografia: f. 83-89.

1. Soja - Teses. 2. Soja como ração - Teses. 3. Aminoácidos - Metabolismo - Teses. 4. Aminoácidos na nutrição animal - Teses. 5. Nutrição animal - Teses. 6. Frango de corte - Teses. I. Lima, Cristina Amorim Ribeiro de, 1963-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MARCOS FABIO DE LIMA**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

**TESE APROVADA EM 17/06/2016**



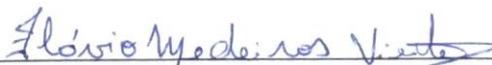
Cristina Amorim Ribeiro de Lima. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(Orientadora)



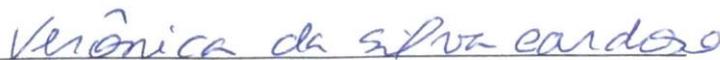
Augusto Vidal da Costa Gomes. Dr. UFRRJ



Fernando Augusto Curvello. Dr. UFRRJ



Flávio Medeiros Vieites. Dr. UFJF



Verônica da Silva Cardoso. Dr<sup>a</sup>. UFRJ

## **DEDICATÓRIA**

A Deus Uno e Trino, de onde tudo diverge e para onde tudo converge, minha fortaleza e meu tudo; a minha Mãe Maria Aparecida de Lima exemplo de vida e doação por inteiro. A meu Pai, Messias Batista de Lima, pela dedicação a família. A Cristiana do Couto Miranda Lima, minha amada esposa, amiga e irmã, que como ninguém, me apoiou no cumprimento deste sonho, me ajudando a ser forte, humilde e buscar as coisas do alto. A minha filha amada Ana Clara Miranda Lima, carne da minha carne, sangue do meu sangue, que nasceu no meu do comprimento deste sonho e que desde o dia 21 de junho de 2013 tem me acompanhado dia e noite nesta tarefa. As minhas irmãs Marli e Milvania, sobrinhos Mauro Cesar e Milbya e meu cunhado Marinho por compreenderem minhas ausências, a todos vocês dedico.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, amigos e irmãos na fé, pelo apoio no comprimento desta etapa.

À minha orientadora, Dr. Cristina Amorim Ribeiro de Lima, pela confiança, apoio, dedicação e paciência durante o comprimento desta tese.

Ao professor, Dr. Fernando Augusto Curvelo, por sempre estar me orientando desde a graduação, vida profissional e acadêmica.

Ao professor Dr. Augusto Vidal da Costa Gomes, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação e por ter idealizado comigo a elaboração deste trabalho.

Aos professores, Dr. Flávio Medeiros Vieites e Verônica da Silva Cardoso, pela importante e decisiva contribuição como membros da banca de defesa da tese.

Ao zootecnista MSc. Felipe Dilelis Sousa por todo apoio laboratorial necessários a realização das análises.

As Direções de ensino, produção e geral do Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral, por todo apoio a realização deste doutorado.

Aos professores, amigos, alunos e colaboradores do IFRJ, que tanto me ajudaram nessa tarefa.

Ao sócio proprietário da Empresa Reginaves, Henrique Igayara por apostar nesta tese e por ter disponibilizado a estrutura da fábrica bem como os ingredientes e análises necessárias para a condução dos experimentos.

Aos Gerentes da empresa Reginaves, Marcelo Faria, João Faria, Lucy Igayara e toda equipe pelo total apoio e compreensão no desenvolvimento deste trabalho.

A empresa Adisseo que realizou as análises de aminoácidos.

## **BIOGRAFIA**

MARCOS FABIO DE LIMA, filho de Messias Batista de Lima e Maria Aparecida de Lima, nasceu em 07 de julho de 1977, na cidade de Pouso Alegre – MG. Em 10 de Dezembro de 1994 concluiu o curso de Técnico em Agropecuária do ensino de segundo grau da Escola Agrotécnica Federal de Machado - MG. Iniciou em 1998 o curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde desenvolveu atividades como Monitor de Anatomia, por duas vezes consecutivas, foi bolsista do programa CNPQ, durante três anos, desenvolvendo trabalhos de pesquisas no Departamento Sanidade Animal da UFRRJ.

Graduou-se em Medicina Veterinária em 12 de outubro de 2002. Neste mesmo ano passou a atuar na Empresa Reginaves Industria e Comercio de Aves, como Médico Veterinário responsável técnico dos setores de frangos de corte, matrizes, incubatórios e fabrica de rações. Em Março de 2005 ingressou no curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Produção Animal, da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ, submetendo-se à defesa da dissertação para a conclusão do curso em maio de 2007.

Em junho de 2008 assumiu o cargo de Gerente de Nutrição e Sanidade do Complexo de frangos de corte da Empresa Rica Alimentos, permanecendo neste cargo até março de 2010. Assumiu a Presidência do Comitê Estadual de Sanidade Avícola do MAPA em 2008. Atuou como Professor de Avicultura e Nutrição de 2008 a 2010 nas faculdades de veterinária de Barra Mansa e Valença. Em maio de 2010 foi aprovado no concurso para professor efetivo da área de produção animal do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Em Fevereiro de 2012 ingressou no curso de Doutorado do programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRRJ, em Seropédica – RJ, submetendo-se à defesa da tese para conclusão do curso em junho de 2016.

## RESUMO

LIMA, Marcos Fabio. **Soja semi-integral submetida a diferentes temperaturas de extrusão na alimentação de frangos de corte.** 2016. 89p Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Foram realizados três experimentos nos setores de Nutrição Animal e Pastagens do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Centro de Pesquisas Avícolas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e Unidade de Produção de Rações de Bananal – SP da Empresa Reginaves Industria e Comercio de Aves Ltda. No primeiro experimento, foi realizado um ensaio de metabolismo para a determinação dos valores de energia metabolizável e Energia Metabolizável aparente corrigida (EMAn), pelo método tradicional de coleta total de excretas utilizando frangos de corte alimentados com rações contendo soja semi-integral extrusada (SSIE) em diferentes temperaturas. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de temperaturas da SSIE : 60% dieta referencia + 40% SSIE a 90°C; 60% dieta referencia + 40% SSIE a 100°C; 60% dieta referencia + 40% SSIE a 110°C e 60% dieta referencia + 40% SSIE a 120°C. No segundo experimento foram determinados os aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros em 300 frangos de 16 a 21 dias de idade. Os tratamentos estudados foram: dieta com SSIE a 90°C; dieta com SSIE a 100°C; dieta com SSIE a 110°C e dieta com SSIE a 120°C. O experimento três foi realizado para verificar as dietas contendo SSIE a 110°C com quatro matrizes nutricionais diferentes: dieta com farelo de soja comercial (DFS); dieta com matriz nutricional da SSIE a 110°C e corrigida (DSC); dieta com matriz nutricional da SSIE a 110°C determina pela análise do NIRS online (DSN) e dieta com matriz nutricional da SSIE conforme Tabelas Brasileiras (DSTB). Foram analisados o desempenho zootécnico, índices econômicos e as características da carcaça dos frangos de corte submetidos aos tratamentos. Os valores de EMA, EMAn, aminoácidos digestíveis verdadeiros coeficientes de digestibilidade foram influenciados significativamente pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral. Os maiores valores de EMA (3720,09 Kcal/ Kg) e de EMAn (3424,99 Kcal/Kg) foram obtidos com a temperatura de extrusão da soja semi-integral de aproximadamente 105,6°C. Os valores de aminoácidos digestíveis e coeficientes de digestibilidade verdadeiros foram influenciados pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral. As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de digestibilidade de aminoácido verdadeiro foram de 112,12°C para lisina, 107,14°C para metionina, 106,11°C para cistina, 111,77 para arginina e 112,25 para serina. A padronização da temperatura de extrusão da SSIE e a utilização correta da matriz nutricional deste ingrediente na formulação de rações influenciam positivamente os índices produtivos e econômicos.

**Palavras-chave:** Soja semi-integral extrusada. Aminoácidos digestíveis. Energia metabolizável.

## ABSTRACT

LIMA, Marcos Fabio. **Extruded semi-whole soybean different extrusion temperatures in the feed of broilers**. 2016. 89p Thesis (Doctor Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Three experiments were conducted in animal nutrition sectors and Pastures of the Animal Science Institute of the Federal Rural University of Rio de Janeiro; Poultry Research Centre of the Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro and Feed Production Unit Bananal - SP Company Reginaves Industria e Comercio de aves. In the first experiment, there was a metabolism assay for the determination of metabolizable energy and energy corrected apparent Metabolizable (EMAn), the traditional method of excreta collection using broilers fed with extruded semi-whole soybean (SSIE) at different temperatures. The treatments consisted of four levels of extrusion temperatures of the SSIE: 60% reference diet + 40% SSIE to 90 ° C; 60% reference diet + 40% SSIE to 100 ° C; 60% reference diet + 40% SSIE to 110 ° C and 60% + 40% reference diet SSIE to 120°C. In the second experiment it was determined the true total and digestible amino acids in 300 chickens from 16 to 21 days old. The treatments were: diet SSIE to 90 ° C; diet SSIE 100 ° C; SSIE diet at 110 and at 120 SSIE diet. The third experiment was conducted to verify the diets SSIE the 110C with four different nutritional matrixes: diet with commercial soybean meal (DFS); diet with nutritional matrix SSIE the 110C and corrected (DSC); diet with nutritional matrix SSIE to 110C determined by the analysis of online NIRS (DSN) and diet SSIE nutritional matrix as Brazilian Tables (DSTB). the growth performance, economic indices and carcass characteristics of broiler chickens submitted to the treatments were analyzed. The values of AME, AME, true digestible amino acid digestibility coefficients were significantly influenced by the extrusion temperature of the semi-integral soybean. The higher EMA (3720.09 kcal / kg) and AMEn (3424.99 kcal / kg) were obtained with the extrusion temperature of the semi-integral soybean approximately 105.6 ° C. The digestible amino acid values and true digestibility coefficients were influenced by the extrusion temperature of the semi-integral soybean. The best extrusion temperatures of the semi-integral soybean estimated for the real amino acid digestibility figures were 112.12°C to lysine, methionine 107.14°C, 106.11°C to cystine, arginine 111.77 112.25 and serine. The standardization of the SSIE extrusion temperature and the proper use of nutritional matrix of this ingredient in feed formulation positively influence the performance and economic index.

**Keywords:** Extruded semi-whole soybean. Digestible amino acids. Metabolizable energy.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Soja.....	3
2.2 Fatores antinutricionais presentes na soja influenciados pela temperatura.....	5
2.3 Processamento por extrusão.....	7
2.4 Métodos de avaliação dos processamentos da soja.....	11
2.5 Composição química.....	12
2.6 Energia metabolizável.....	13
2.7 Aminoácidos e fatores envolvidos na digestão e absorção.....	14
2.8 Nutrição de precisão.....	17
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DAS SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS</b>	
<b>RESUMO</b> .....	22
<b>ABSTRACT</b> .....	23
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	24
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
2.1 Tratamentos.....	25
2.2 Processamento da soja semi-integral extrusada.....	25
2.3 Animais instalações e manejo.....	27
2.4 Ensaio de metabolismo.....	30
2.5 Temperatura interna do galpão experimental .....	33
2.6 Análise estatística.....	35
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	36
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONTEÚDO EM AMINOÁCIDO TOTAL E DIGESTÍVEL VERDADEIRO DA SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS PARA FRANGOS DE CORTE</b>	
<b>RESUMO</b> .....	42
<b>ABSTRACT</b> .....	43
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	44
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	45
2.1 Animais instalações e manejo.....	45
2.2 Delineamento experimental.....	47
2.3 Dietas experimentais.....	47
2.4 Temperatura interna do galpão experimental.....	49
2.5 Metodologia e coleta de materiais para análises.....	49
2.6 Análise estatística.....	51
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	63
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>DIETAS FORMULADAS COM DIFERENTES VALORES NUTRICIONAIS DA SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE</b>	
<b>RESUMO</b> .....	65
<b>ABSTRACT</b> .....	66

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	67
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	68
2.1 Animais instalações e manejo.....	68
2.2 Delineamento experimental.....	68
2.3 Tratamentos e dietas experimentais.....	68
2.4 Temperatura interna do galpão.....	74
2.5 Desempenho zootécnico e econômico.....	74
2.6 Parâmetros de carcaça.....	75
2.7 Análise estatística.....	76
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	77
3.1 Avaliação de desempenho.....	77
3.2 Características de carcaça.....	79
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	81
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	82
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	83

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A evolução na genética das atuais linhagens de frangos de corte aliado às necessidades crescentes de melhores nos índices zootécnicos e econômicos para atender a demanda de proteína de origem animal com baixo custo de produção e menor impacto ambiental, considerando que a população do planeta irá passar de sete bilhões para nove bilhões nos próximos anos, faz-se necessário trabalhar com conceitos precisos de nutrição considerando, sobretudo os ajustes nas composições das matrizes nutricionais dos ingredientes nas rações.

Por outro lado haverá também a necessidade de aumento tanto em áreas plantadas de grãos aliados a melhores índices produtivos bem como da otimização na utilização destes ingredientes para atender as demandas nutricionais das aves. Com isso será possível ofertar proteína de origem animal para atender a futura demanda mundial.

Para aumentar a produção de frangos de corte, que é uma das principais fontes de proteína de origem animal, torna-se cada vez mais importante trabalhar com nutrição de precisão, bem como com rações de elevada densidade nutricional em resposta as exigências do novo perfil das aves comerciais. Para este fim tem sido utilizados cada vez mais alimentos de maior densidade nutricional para compor as rações das aves.

Nas últimas décadas, inúmeros estudos apontam para a viabilidade de se utilizar o grão de soja integral ou semi-integral, aproveitando o óleo vegetal contido no próprio ingrediente, submetido a processamento hidrotérmico para serem utilizados na alimentação de monogástricos, sobretudo de aves.

Tradicionalmente o farelo de soja tem sido a principal fonte de proteína utilizada na alimentação de monogástricos, sua proteína de alto valor biológico o transformaram em um ingrediente tradicional. Porém a demanda de milho e soja crescente em todo o mundo tem causado uma elevação nos preços destes insumos e com isso, a indústria avícola tem dado atenção especial à soja integral e semi-integral devido ao seu teor de proteína associado à concentração lipídica, como alternativa ao farelo de soja e aos óleos e gorduras. No entanto para se utilizar a soja semi-integral ou integral, esta deve ser submetida a processamento térmico, objetivando inativar os fatores antinutricionais.

Muitos autores relatam à necessidade de padronização do processo industrial de inativação dos fatores antinutricionais, a definição de metodologias laboratoriais adequadas para a monitoria da qualidade bem como da montagem da matriz nutricional, parecem ser variáveis relevantes a serem consideradas.

Indústrias processadoras de alimentos para animais precisam estar atentas à competitividade, cada vez mais acirrada, que reduz preços e margens de lucros. A preocupação ambiental ainda sugere várias práticas para reduzir as contaminações do ar, da água e do solo. Os processamentos, como moagem, peletização, expansão, extrusão, dentre outros podem contribuir para o melhor aproveitamento dos nutrientes e consequentemente reduzirem suas excreções.

Neste contexto o melhor aproveitamento dos ingredientes pelas aves representa na atualidade uma necessidade, tornando-se necessário priorizar o processamento, forma física e tratamento térmico destes ingredientes, que irão compor as rações, uma vez que os processamentos hidrotérmicos de ingredientes e rações apresentam-se como opção viável para maximizar o aproveitamento dos alimentos pelos animais. No entanto estudos sobre a tecnologia de tratamento hidrotérmico, tais como expansão, extrusão são escassos na literatura nacional, aliado ao fato de que poucas empresas, até o momento, utilizam estas tecnologias para produção de rações avícolas, contrariamente às concorrentes internacionalmente conhecidas.

Alicerçados nestas premissas torna-se cada vez mais importante a realização de pesquisas sobre os processamentos de soja semi-integral para promoverem a desativação dos fatores anti-nutricionais sem afetar a qualidade nutricional deste ingrediente a fim de fornecer alternativas de alimentação econômica e eficiente para atender a evolução das novas linhagens de conformação, que são linhagens de altas taxas de crescimento e deposição de carne, e desta forma ofertar proteína de origem animal em quantidade para a nova demanda mundial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Soja

A soja, *Glycine max*, é originária da China e 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 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 et al., 2009). Em 1950, no entanto, o uso de soja na alimentação animal foi significativo nos Estados Unidos da América. 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).

Segundo Espíndola et al. (2015) a produção de soja teve um forte dinamismo entre 2000 e 2013, a produção de soja cresceu, em nível nacional, passando de 13,9 milhões de toneladas para 87,5 milhões, enquanto a área plantada cresceu, no mesmo período, 216%, chegando, em 2013, a 30,1 milhões de hectares. Em termos de produtividade, entre 2000 e 2013, os índices médios chegaram a 3.000 kg/ha. Esse crescimento se fez, sobretudo, na região do Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) que apresentou crescimento na produção de 135%, e no estado do Mato Grosso, que cresceu 82% no período. Esse dinamismo foi capaz de atender à demanda interna, bem como à demanda externa. Em 2013, do total da soja em grãos, 49% destinaram-se ao mercado interno, desses, 6% para os estoques, 43% para processamento, enquanto o restante (51%) destinou-se ao mercado internacional.

A produção de grãos no Brasil de 1965 a 2014 passou de 25,1 milhões para 188,9 milhões de toneladas (Companhia nacional de abastecimento 2014), um crescimento de 752%. A soja foi responsável pelo incremento desse crescimento. Essa produção expandiu-se por diferentes áreas do território brasileiro.

Segundo a Conab (2016) a área plantada de soja entre os anos de 2014 e 2015 tiveram um acréscimo de 3,6%, no que se refere a produtividade Kg/há houve um acréscimo de 1,3% neste mesmo período sendo observado também um aumento de 4,9% na produção total de soja entre os anos de 2014 a 2015.

Melo et al. (2016) relataram que o grão de soja, farelo de soja e óleo de soja, estão presentes atualmente em cerca de 40% das dietas para aves, sendo imprescindíveis nas rações para o fornecimento de proteína altamente digestível e energia metabolizável prontamente disponível, respectivamente.

Segundo o Sindirações (2013) a soja pode ser classificada em:

1.Grão de soja: consiste do grão de soja, podendo ser submetido a moagem e cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 140g/kg; proteína bruta mínimo: 330g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 240g/kg; fibra bruta máximo: 70g/kg; matéria mineral máxima: 55g/kg; aflatoxinas máximo: 20ppb. 2.Soja extrusada: produto resultante do grão de soja integral, submetido ao processo de extrusão e cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 120g/kg; proteína bruta mínimo: 340g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 170g/kg; fibra bruta máximo: 80g/kg; matéria mineral máxima: 60g/kg; atividade ureática máximo: 0,2 var.pH; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:80%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 3.Soja semi-integral extrusada: produto resultante do grão de soja integral, submetido ao processamento de extração parcial do óleo e extrusão, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 120g/kg; proteína bruta mínimo: 360g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo:

50g/kg; fibra bruta máximo: 75g/kg; matéria mineral máxima: 60g/kg; atividade ureática máximo: 0,2 var.pH; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:80%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 4.Farelo de soja: produto resultante da extração do óleo de soja por solvente e pressão com posterior moagem (sendo admissível a inclusão de pequenas proporções de casca de soja), cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 120g/kg; proteína bruta mínimo: 420g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 25g/kg; fibra bruta máximo: 90g/kg; matéria mineral máxima: 80g/kg; atividade ureática máximo: 0,2 variação pH; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:80%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 5.Proteína texturizada de soja: produto obtido a partir de farinha desengordurada de soja submetido ao processo de extrusão, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 80g/kg; proteína bruta mínimo: 480g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 3,0g/kg; fibra bruta máximo: 45g/kg; matéria mineral máxima: 80g/kg; atividade ureática máximo: 0,15 var.pH; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:70%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 6. Proteína isolada de soja: produto resultante da remoção da maioria dos componentes não proteicos do grão de soja. O processo pode envolver diluição, aquecimento, centrifugação, precipitação e liofilização, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 60g/kg; proteína bruta mínimo: 800g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 15,0g/kg; fibra bruta máximo: 10g/kg; matéria mineral máxima: 60g/kg; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:80%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 7.Proteína concentrada de soja ou concentrado proteico de soja: produto resultante da extração do óleo e remoção parcial dos carboidratos do grão de soja sem casca, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 100g/kg; proteína bruta mínimo: 600g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 20g/kg; fibra bruta máximo: 50g/kg; matéria mineral máxima: 70g/kg; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:60%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 8.Grão micronizado de soja: consiste do grão de soja submetido ao processo de micronização, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 60g/kg; proteína bruta mínimo: 360g/kg; extrato etéreo máximo/mínimo: 240g/kg; fibra bruta máximo: 30g/kg; matéria mineral máxima: 60g/kg; atividade ureática máximo: 0,10 var.pH; solubilidade proteica em KOH 0,2% mínimo:80%; aflatoxinas máximo: 20ppb. 9.Glicerina 80%: é o glicerol bruto oriundo da produção de biodiesel de soja, utilizado como fonte energética em rações e para melhorar a qualidade do pelete, cujos parâmetros nutricionais são de umidade máxima: 150g/kg; matéria mineral máxima: 75g/kg; glicerol mínimo: 800g/kg; metanol máximo: 5.000mg/kg e cloreto de sódio mínimo/máximo: 20g/kg. 10.Lecitina de soja: produto obtido a partir do óleo bruto de soja, após separado do óleo degomado. A goma resultante (50% de fosfolipídios e 25% de óleo) passa por processos de separação da fração insaponificável (lecitinas, lipositóis, cefalinas e tocoferóis), sendo que a lecitina de soja possui como parâmetros nutricionais a umidade máxima: 10g/kg; extrato etéreo mínimo/máximo: 980g/kg e índice de acidez máximo: 30mgNaOH/g.

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 proteicas. Kunitz (1945) cita que Mendel em 1917 provavelmente tenham sido o primeiro a identificar que a ingestão de soja crua causa um retardamento do crescimento em ratos e que posteriormente, foi descoberto que um extrato aquoso de farelo de soja cru reduzia a atividade da tripsina.

Devido a grande importância da soja, os estudos foram intensificados no sentido de avaliar os fatores antinutricionais e tóxicos presentes e que agem sobre o metabolismo do animal. Vários estudos evidenciaram aumento na secreção de peptídeos pancreáticos, sais biliares, ácidos graxos, fosfolipídios e colesterol nas aves alimentadas com farelo de soja cru, em comparação com aqueles alimentados com farelo de soja tratado pelo calor. Estas e outras respostas fisiológicas tem sido creditadas à presença de fatores antinutricionais na soja (Borges et al., 2003).

A soja é o segundo ingrediente de maior custo para rações de frangos de corte, sendo a principal fonte de proteína bruta da dieta, principal fonte de metionina e lisina para as aves e não possui substitutivo eficaz para a nutrição de frangos de corte no Brasil.

A soja integral é uma excelente fonte proteica para frangos de corte e suínos, o que associado à concentração lipídica 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. Embora a soja integral extrusada possa ser utilizada na formulação de rações balanceadas, apresenta um teor de gordura elevado, de aproximadamente 18% (Rostagno et al., 2011) isto limita a participação da soja integral em dietas que necessitam de maiores níveis proteicos e menores níveis energéticos.

Assim, buscando reduzir esta concentração lipídica, o processo de prensagem proporciona redução no teor de gordura, obtendo com o produto final a Soja Semi-integral Extrusada (SSIE), e conseqüentemente aumento dos níveis dos outros nutrientes. Desta forma, esta pode ser utilizada na ração de frangos de corte, trabalhando-se com níveis adequados de energia, sem a inclusão de grandes quantidades de óleo adicional. No entanto existem poucos trabalhos na literatura consultada sobre utilização de SSIE processadas em diferentes temperaturas para alimentação de frangos de corte.

## **2.2 Fatores Antinutricionais Presentes na Soja Influenciados pela Temperatura**

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 2004).

Segundo Lima et al. (2014) a utilização da soja in natura para animais não-ruminantes é recomendado após o tratamento térmico prévio, para eliminação dos fatores antinutricionais. Os inibidores de tripsina, proteínas de baixo peso molecular, são alfa globulinas que se complexam com a tripsina e quimiotripsina, formando compostos de difícil dissociação, prejudicando a digestão das proteínas (Borges et al., 2003). O baixo peso molecular e o elevado número de pontes de dissulfeto resultam em moléculas com grande estabilidade à desnaturação térmica. Na fisiologia do grão de soja, os antitripticos, que representam cerca de 6 a 10% da proteína total da soja (Carvalho, 1996), tem a função natural de proteção contra ataques de predadores como aves silvestres e microorganismos patogênicos.

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 (Silva et al., 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 colestanoquinina pelas células produtoras do duodeno sobretudo da porção da região proximal, que estimula o pâncreas a produzir tripsina e quimiotripsina. Essa hiperatividade aumenta o tamanho do pâncreas, sobretudo em aves e roedores. As enzimas pancreáticas são ricas em aminoácidos sulfurados, sendo que a maior secreção dessas enzimas associada à baixa concentração de cistina e metionina na soja induzem à perdas de aminoácidos (Clarke et al., 2005).

Segundo Wright (1981) os inibidores da tripsina parecem não ser os únicos responsáveis pela redução no crescimento causada pela soja crua. Somente 40% destes efeitos sejam devido aos inibidores de tripsina (Kakade et al., 1973), sendo que a hipertrofia pancreática também pode ser causada por uma fração da soja isenta de atividade antitriptica (Saxena et al., 1963). Os outros 60% devem-se a outras proteínas que podem, quando não desnaturadas, combinar-se com a tripsina, mesmo depois de removido o inibidor (Liener, 2000). Dentre todos os fatores antinutricionais, o inibidor de tripsina é o fator de maior importância, pois quando é inativado pelo aquecimento, os demais fatores termolábeis já estão controlados.

As hemaglutininas, também conhecidas por fitohemaglutininas, fitoaglutininas ou lectinas constituem de um a três por cento do total das proteínas do farelo de soja desengordurado (Liener, 2000), o que sugere que esta proteína pode ser responsável pelo menor valor nutritivo da soja crua, sendo responsável por 50% da perda de peso em ratos alimentados com soja crua e o fator antitriptico por 40%. As lectinas são também proteínas que possuem em suas moléculas um centro ativo específico à combinação com carboidratos.

O principal efeito das lectinas está relacionado com o fato destas ligarem-se a parede da mucosa intestinal. Esta ligação resulta em danos às células do epitélio duodenal o que pode resultar em uma diminuição da altura das vilosidades causando um decréscimo na absorção, com acúmulo de nutrientes no trato intestinal, alterações na atividade das enzimas da borda em escova e uma hiper secreção de proteína endógena e hipertrofia intestinal com aumento no número de células caliciformes produtoras de muco, resultando em queda de desempenho zootécnico (Borges et al., 2003).

Embora as lectinas sejam importantes o trabalho de Parsons (1998) confirma a hipótese que os inibidores de tripsina tem importância maior que as lectinas como fatores antinutricionais. Por outro lado, as hemaglutininas são mais sensíveis ao processamento térmico do que os inibidores de tripsina, independente do processamento empregado.

A ação da uréase presente na soja, sobre a ureia é rápida, desdobrando-se em gás carbônico e amônia, provocando a rejeição do alimento pelo animal, sendo sua ação principal nos ruminantes. Por ser termolábel, a análise de sua atividade em farelos de soja, dá a indicação de seu grau de processamento. Sendo utilizada como indicador da inativação dos demais fatores antinutricionais pelo tratamento térmico.

As saponinas são glicosídeos presentes em baixas porcentagens (0,5%) no grão. Suas propriedades estão associadas ao sabor amargo da soja crua. Também tem papel hemolítico nas células vermelhas do sangue, no entanto, ocasionam um menor efeito antinutritivo (Borges et al., 2003). As saponinas são capazes de formar complexos insolúveis de difícil digestão, podendo alterar a permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de nutrientes (Liener, 2000).

As saponinas da soja são triterpenóides ligadas a mono ou oligossacarídeos. São divididas em dois grupos. As saponinas do grupo A estão presentes no eixo embrionário e são responsáveis pelo sabor adstringente da soja. As saponinas do grupo B estão presentes no eixo embrionário e cotilédones e são as responsáveis pelos benefícios à saúde.

Ácido fítico são compostos complexos com proteínas, os quais tem uma grande afinidade pelos minerais manganês, zinco, cobre, ferro, cromo e outros, tornando estes indisponíveis para os monogástricos (Borges et al., 2003).

O ácido fítico na classe dos fitatos é o componente mais conhecido, sendo encontrado mio-inositol 1,2,3,4,5,6, hexadihidrogeniofostato. Nas leguminosas os fitatos estão associados às proteínas exercendo influencia sobre a biodisponibilidade do ferro, evitando a complexação deste íon com gastoferrina no estomago (Paula, 2007).

A fitase é a principal enzima responsável pela hidrólise do fitato durante a senescência e germinação, resultando em fósforo inorgânico e inositol com vários graus de fosforilação.

Esta enzima apresenta grande distribuição na natureza tanto em microrganismos como em sementes como, soja, feijão, trigo. Porém, não está presente em humanos e animais monogástricos. Dessa forma o ácido fítico desempenha um papel antinutricional na alimentação humana e dos animais monogástricos e a maior parte do fosforo contido neste composto é indisponível e excretado sem ser absorvido (Raboy et al., 1991).

A síntese de ácido fítico se dá por um processo de fosforilação da molécula de mio-inositol. A princípio, este pode ser suprido pela síntese de novo ou pode ser reciclado a partir de uma forma armazenada ou ainda ser transloucado. No entanto, a síntese de novo é reconhecida como sendo a principal fonte de inositol em grãos, o qual envolve a conversão de glicose-6P em mio-inositol-1P pela ação da enzima mio-inositol-1-P- sintase (Loewus et al, 2000).

As lipoxigenases são enzimas presentes naturalmente na soja. São importantes na tecnologia da soja por oxidar rapidamente ácidos graxos poli-insaturados, gerando peróxidos de ácidos graxos que se degradam em aldeídos e cetonas voláteis. Estes se ligam às proteínas e outros compostos, resultando em gosto desagradável. Temperaturas acima de 85 graus centígrados inativam eficientemente estas enzimas. A lipoxigenase é mais termolábel que a uréase e esta que os inibidores de tripsina (Borges et al., 2003).

Os fatores goitrogênicos são agentes antitireoidianos que inibem a captação de iodo e bloqueiam a síntese de tiroxina. Este efeito estimula a glândula tireoide e incrementa a demanda por iodo para repor perdas.

Segundo Doerge et al. (2002) o bloqueio da síntese de tiroxina pelos fatores goitrogênicos promovem um aumento na secreção do hormônio tiroestimulante (TSH) pela pituitária a fim de compensar a concentração reduzida de tiroxina. Consequentemente, há aumento da glândula tireóide, condição que pode ser revertida com a suplementação de iodo na dieta (Doerge et al.,2002).

A mucosa do intestino dos animais monogástricos, como aves e suínos, é desprovida das enzimas  $\alpha$ -1,6-galactosidases, que são necessárias à conversão dos ROs em açúcares mais simples. Consequentemente, os ROs não hidrolisados são conduzidos à parte posterior do intestino, onde são fermentados anaerobicamente a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> pela microflora (Price et al., 1988). Desta forma, os ROs presentes na soja e outras leguminosas assumem papel restritivo quanto ao consumo destes grãos como fonte proteica.

Há ainda outros fatores antinutricionais na soja como as antivitaminas A e E que aumentam a necessidade destas vitaminas. Fatores alérgicos (glicinina e  $\beta$ -conglucina) que reduzem a absorção de nutrientes e causam efeitos deletérios sobre as microvilosidades do intestino delgado (Borges et al., 2003).

### **2.3 Processamento por Extrusão**

A extrusão é um processo de cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura, sendo que as principais funções deste processo são hidratação, mistura, tratamento térmico, gelatinização do amido, desnaturação das proteínas, inativação dos fatores anti nutricionais, destruição dos micro-organismos e de alguns componentes tóxicos (Cheftel, 1986).

O princípio básico do processamento é a alta temperatura, curto tempo, pressão e fricção do ingrediente no cone de extrusão (Loon, 1997). Neste processo o grão de soja é plasticizado e cozido por meio de uma combinação de pressão, calor e cisalhamento mecânico. Na extrusão seca o grão de soja inteiro ou moído é empurrado pelo condicionador através de uma rosca transportadora, que é composta por obstáculos. Ao ultrapassá-los um a um atinge em 30 a 40 segundos uma temperatura de 115 a 120 graus centígrados e uma pressão de 30 a 60 atmosferas. Esta pressão não permite liberação da água dos grãos, pois a pressão de evaporação da água é inferior a pressão do extrusor, no entanto, na saída da soja, a

pressão é aliviada e ocorre uma expansão dos grãos e evaporação. A temperatura do produto cai de 130 para 80 graus centígrados em segundos e a gordura que estava efervescente e extracelular é rapidamente absorvida, formando a soja integral extrusada e expandida, com alta digestibilidade (Borges et al., 2003).

Segundo Lima et al. (2014) a extrusão é um processo STHT (Short time high temperature) onde o curto tempo de retenção (7 a 30 segundos) dentro da extrusora não é suficiente para que ocorram danos ao produto, embora exista alta pressão (31 a 62 kgf/cm<sup>2</sup>) e alta temperatura. Além de térmica, a extrusão pode ser considerada um processo mecânico. Um cilindro fricciona os grãos no cone extrusor, e 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. Um dos principais benefícios deste procedimento no processamento alimentar está relacionado com a preservação do alimento, uma vez que este processo controla a quantidade de água dos ingredientes, minimizando a atividade microbiana.

A extrusão úmida ocorre mediante um pré-cozimento de 125 a 140 graus centígrados à vapor antes da extrusão. O objetivo deste condicionamento antes da extrusão é obter uma mistura homogênea, uniformemente umedecida e pré-aquecida. Ao final, a soja extrusada passa por secadores, permitindo reduzir a umidade do produto a níveis adequados, de nove a 12% de umidade, tendo em vista que a adição de água eleva a umidade para 19 a 25% (Borges et al., 2003).

Segundo Mantolvani et al. (2011) a moagem de grãos de soja antes da desativação pode melhorar rendimento da extrusão.

O processo de extrusão desnatura as enzimas lipoxidase, lipoxigenase e uréase; inativa os inibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas e reduz acentuadamente os fatores alergênicos, goitrogênicos, ácido fítico e fatores flatulentos; reduz sensivelmente a população microbiana; minimiza as perdas de vitaminas; retarda a rancificação das gorduras devido a presença de antioxidantes naturais, tais como tocoferóis, fosfolipídios e compostos sulfídricos dos aminoácidos e melhora a digestibilidade.

Segundo Lázaro et al. (2015) o processamento da soja de modo geral pode ser classificado em curto ou longo, sendo que no processamento curto a soja é submetida a altas temperaturas em pouco tempo de 130 a 170°C por 10 a 180 segundos. O processo longo a soja é submetida a menor temperatura e em maior tempo: 105°C por 15 a 30 minutos. A extrusão, a micronização e a tostagem são exemplos de processamentos curtos, a autoclavagem, microondas e tostagem a vapor são exemplos de processamentos longos.

A extrusão úmida é três vezes mais eficaz em desativar os inibidores presentes na soja crua que a extrusão a seco, estudos na França e na Suécia demonstram que até 50% da lisina ficou indisponível quando foram utilizados métodos de processamento à seco, sendo que a adição de umidade ao processo reduz perdas de lisina (Borges et al., 2003).

Oliveira et al. (2005) estudaram o efeito de temperaturas de extrusão de soja integral no desempenho de frangos de corte e constataram que o processamento da soja integral com extrusão à temperatura de 125 a 140 graus centígrados pode ser utilizado em dietas de frangos de corte. Concluíram ainda que não há diferença significativa no desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral extrusada processadas em temperaturas de 125, 130, 135 e 140 graus centígrados; no que se refere aos parâmetros de carcaça estudados não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sugerindo que futuros estudos utilizando maiores amplitudes térmicas de processamento de soja sejam realizados para se esclarecer melhor os efeitos da inclusão da soja integral extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. O grão de soja apresenta cerca de 20% de óleo, com uma composição de aminoácidos adequada para aves e suínos, sendo deficiente em metionina e treonina.

Segundo Rostagno, et al. (2011), o teor de proteína do grão de soja está entre 35 e 37%. Esta pequena variação é devido a diferentes cultivares ou a condições de produção e

ambiente. Este valor é aproximadamente 20% inferior àquele obtido nos farelos, pois os grãos tem em torno de 20% de extrato etéreo, o que dilui o valor da proteína. Entretanto, o percentual dos aminoácidos são iguais ao do farelo de soja. Este alto teor de extrato etéreo do grão faz com que sua energia metabolizável, segundo Rostagno, et al. (2011) seja de 3300 Kcal/Kg, aproximadamente 40% superior aquela do farelo de soja.

Esta é a principal vantagem deste ingrediente, pois além de ter um teor relativamente alto de proteína, também tem um nível elevado de energia. O seu uso em misturas na propriedade é desejável uma vez que apresenta facilidade de manejo quando comparado a uso de óleos vegetais e gordura animal (Bellaver et al., 1999).

Segundo Constança (2013) O processo de extrusão da soja possui como produto final a soja integral extrusada, sendo que para se obter a soja semi-integral é necessário submeter o produto final da extrusão a um processo mecânico de separação parcial do óleo através de um equipamento denominado prensa. A prensa do tipo parafuso contínuo retira da soja extrusada integral de 40 a 50% de óleo. A prensa é constituída de um cesto de barras de aço retangulares, distanciadas por lâminas. O espaçamento das barras é regulado para permitir a saída do óleo e ao mesmo tempo filtrar os resíduos da prensagem. Dentro do cesto uma rosca movimenta e comprime o material simultaneamente, e a pressão é controlada através de um cone de saída. Este farelo prensado é denominado “torta”. Isto é, soja semi-integral extrusada (SSIE), farelo gordo ou farelo rico. Após a prensagem a SSIE passa por resfriamento para ser armazenada ou utilizada na ração. (Constança 2013)

Segundo Rostagno et al. (2011) a soja semi-integral extrusada possui: 8,32% de gordura bruta; 40,07% de proteína bruta; 90,50% de matéria seca; 4.456 Kcal/Kg de energia bruta, sendo estes mesmos valores para soja semi-integral tostada, no entanto a soja semi integral extrusada apresenta melhores resultados de proteína digestível, gordura digestível e energia metabolizável para aves respectivamente.

Bridi et al. (2007) relataram que a substituição em 50% do farelo de soja por soja semi-integral extrusada não interferiu nas características de desempenho das aves de 1 a 21 dias no entanto para o período de 1 e 35 dias de idade afetou o ganho de peso e a conversão alimentar.

Costa et al. (2013) concluíram que a utilização do óleo de soja degomado e da soja integral extrusada em dietas para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em condições de estresse por calor, não influenciaram no desempenho.

Alem da extrusão a soja também pode ser processada termicamente através de:

Tostagem à vapor ou autoclavagem: consiste em um equipamento no qual a soja recebe calor diretamente de 100 a 130 graus centígrados, enquanto os grãos são movimentados. O processo necessita de uma caldeira para produção de vapor. Os grãos são processados inteiros e em seguida secados, reduzindo a umidade, podendo ser armazenados inteiros. Um fator que teoricamente pode afetar a eficiência da tostagem é a variação de granulometria da soja, podendo haver problemas de sub ou super processamento (Borges et al., 2003).

Tostagem por ar quente ou Jet-sploder: processo envolve o cozimento da soja com ar seco aquecido em temperaturas variando de 110 a 200 graus centígrado, dependendo do tipo do equipamento. Existem muitos métodos de tostagem, como tostagem em cerâmica quente, tonel rotatório e o secador de grãos convencional. Alguns procedimentos de tostagem usam o fogo direto, o que permite variações no grau e qualidade da tostagem (Loon, 1997). O tambor rotativo é muito comum entre os produtores pequenos, mas tem a dificuldade de "acertar o ponto de “tostagem”, pois este varia com a quantidade, tamanho e umidade do grão, fonte (gás, lenha); o que altera o tempo de tostagem. Cardona (1991) relatou que a soja integral em tostador de túnel, é aquecido com ar quente seco, na contra corrente, alcançando na saída do tostador a temperatura de 120 a 125 graus centígrados na massa de grãos.

Micronização: o grão de soja passa por um processo de limpeza, entra por uma moega dosadora e vai a uma esteira vibratória de ladrilhos sob queimadores de gás que produzem raios infravermelhos como fonte de calor. Durante 5 minutos de passagem pela esteira os raios infravermelhos penetram no grão movimentando as moléculas que vibram de 60 a 150 mil megaciclos por segundo, aquecendo o grão e vaporizando a água. O grão fica inchado e com fissuras internas e passa por um cilindro que lamina o produto, após passa pelo tanque com agitador onde ocorre o resfriamento do produto. No processo, há gelatinização do amido e ruptura dos vacúolos lipídicos (Benabdeljelil, 1999). O produto laminado é moído para posterior uso em rações.

Farelo de soja: A soja após ser transportada, é recebida na empresa de esmagamento, para limpeza e secagem. Nessa fase o grão de soja deve ter no máximo 12 % de umidade, o que permite uma boa armazenagem. No processamento, o grão de soja é transportado através de rolos quebradores, produzindo a soja quebrada com casca, a qual é separada no separador de cascas. A casca é moída e tostada para posterior reincorporação ao farelo de soja, dependendo do tipo de subproduto a ser comercializado. A soja sem casca segue para o condicionador e, em seguida para a laminação.

Na laminação, os grãos partidos passam por rolos e seguem para a expansão. Neste estagio, o material é pressionado com vapor para tornar-se esponjoso. O material segue para o resfriador e em seguida para o extrator de óleo (Lima et al., 2011). A soja expandida é então levada ao extrator de hexano onde são produzidas duas frações: a miscela e o farelo de soja antes de tostar. O farelo de soja é levado ao “toaster” que tem duas funções: recuperar parte do hexano ainda presente no farelo e desativar os fatores antinutricionais do farelo de soja não tostado. A seguir, vai para o peletizador para compactar e facilitar armazenagem e transporte, sendo após utilizado na formulação de rações. A porcentagem de proteína bruta deste produto pode ser ajustada através da retirada ou adição de casca. O farelo de soja pode ser agregado com bentonita ou talco para dar fluidez ao produto, evitando empedramento do farelo. Isso deve ser diferenciado de adulteração, na qual os agentes de fluidez, são adicionados em excesso o que, prejudica o desempenho animal. (Bellaver et al., 1999).

O tratamento térmico durante a extração do óleo pode afetar a digestibilidade de alguns aminoácidos, especialmente a lisina. O ponto crítico na avaliação da qualidade do farelo de soja é determinar se o mesmo foi sub ou super processado pelo calor. O super aquecimento com aparecimento da reação de Maillard produz uma coloração caramelada que é devida ao pigmento melanodina (Ward, 1996). A reação de Maillard é referente a combinação do grupo épsilon do aminoácido lisina com açúcares redutores e aldeídos. Um sub aquecimento também é prejudicial pois o farelo de soja contém fatores antinutricionais que interferem no processo digestivo de aves e suínos, (Swick, 1998).

Costa et al. (2015) trabalhando com frangos de corte alimentados com dieta controle a base de milho e farelo de soja, dieta contendo óleo degomado, soja integral extrusada e soja semi-integral extrusada, observaram que os animais que receberam dietas controle e com óleo degomado apresentaram melhor conversão alimentar em relação ao obtido para a dieta contendo soja semi-integral extrusada, porém para as aves alimentadas com dieta com soja integral extrusada, não diferiu dos demais tratamentos. Segundo estes mesmos autores, os resultados para conversão alimentar da soja semi-integral extrusada, indicaram o aproveitamento menos eficiente da dieta contendo este ingrediente, talvez pelo menor aproveitamento dos nutrientes em decorrência da inadequada inativação dos fatores antinutricionais. Assim, observou-se que a conversão alimentar, apresenta relação direta com o processamento, pois a soja, dentro dos padrões de qualidade nutricional, favorece a redução dos fatores antinutricionais e a disponibilidade de nutrientes para melhor ação enzimática.

## 2.4 Métodos de Avaliação dos Processamentos da Soja

Após o processamento a soja integral ou semi-integral precisam passar por controle de qualidade para verificar se houve destruição adequada dos fatores antinutricionais. O maior desafio é saber qual a quantidade exata de calor necessária para garantir maior qualidade nutricional desses ingredientes (Costa et al., 2006).

Segundo Lima et al. (2014) os fatores antinutricionais do grão de soja são metabólitos proteicos, lipídicos ou glicídicos. A maior parte da proteína do grão de soja está associada a fatores antinutricionais. Antes da utilização dos produtos da soja é indicado a verificação da inativação dos fatores antinutricionais através do método da uréase e solubilidade em KOH.

A soja integral ou semi-integral possui um ponto ideal de aquecimento para sua utilização na alimentação de monogástricos, além deste ponto, haverá perdas de qualidade, e aquém deste ponto, os fatores antinutricionais presentes no grão inviabilizarão sua utilização na alimentação animal (Borges et al., 2003). Dentre os métodos de controle de qualidade mais utilizados destacam-se o índice de atividade ureática e a solubilidade da proteína em KOH 0,2%. O primeiro é usado como indicador indireto da presença de fatores antinutricionais e indica processamento inadequado através do pouco calor e o, segundo, indica superaquecimento.

Segundo Bellaver et al. (1999) o índice de atividade ureática (IAU) tem como princípio a destruição da enzima uréase nas mesmas condições que os inibidores de proteases e lectinas, considerando como valores ideais entre 0,05 a 0,20  $\Delta$ pH. Este índice possui como referencia a liberação de amônia da uréia pela ação da enzima urease presente no soja, causando uma mudança no pH da solução o qual é expresso como um índice. No ensaio a solução branco padrão, não contém uréia. Uma solução sub-processada, dará uma grande mudança no pH, enquanto uma super-processada, não registrará mudanças no pH.

Segundo descrito no Compendio brasileiro de alimentação animal do Sindirações (2013), a avaliação da atividade da enzima urease, que se baseia na variação de pH em função da amônia liberada pela ação dessa enzima, que é comparada com o pH de uma prova em branco, permite uma exploração desses resultados para indicar presença de fatores antinutricionais presentes em alguns grãos de leguminosas. Tal correlação é feita devido esses fatores antinutricionais serem termolábeis, como a urease. De maneira geral essa análise determina se o grão recebeu processamento térmico suficiente para inativar os seus fatores antinutricionais.

No que se refere ao índice de atividade ureática, os valores no Brasil são menos rígidos e segundo a lei 6.198 de 1974 e o decreto 76.986 de 1976, estabelece índice de atividade ureática entre 0,05 e 0,30  $\Delta$ pH para utilização do farelo de soja e das sojas integrais processadas na alimentação de animais monogástricos essa mesma faixa também é recomendada pelo Sindirações desde 2005.

O Sindirações (2013) estabeleceu um padrão para atividade ureática do grão e farelo de soja para a alimentação animal, sendo padrão excelente: 0,01 a 0,05; bom: 0,05 a 0,30 e deficiente:  $>0,30$ . No entanto Ruiz (2012) relata que farelos de soja com valores de uréase acima de 0,06  $\Delta$ pH pode causar problemas de transito rápido em frangos de corte, que segundo o próprio autor, o transito rápido é quando os excrementos perdem sua forma normal e consistência, não apresentam a característica cobertura de ácido úrico, contêm alimentação não digerida que é visível a olho nu, geralmente tem uma cor amarelo-laranja e contêm tecido intestinal. Valores ideais de uréase para farelos de soja utilizados na alimentação de frangos de corte deve ser de 0,01 a 0,05.

Quanto à solubilidade da proteína, existem vários termos para designá-la como por exemplo, proteínas dispersas em água, solúveis em água, índice de solubilidade do nitrogênio e índice de dispersibilidade da proteína (Costa et al., 2014)

A solubilidade da proteína em KOH 0,2%, está baseada na reação do grupo amino livre com outros grupos para formar pontes peptídicas, que reduzem a solubilidade da proteína. A soja crua possui solubilidade de 100% e, com o aquecimento, a solubilidade diminui, de forma que a solubilidade abaixo de 75% evidencia superaquecimento, sendo ideal, valores maiores que 75% e menores que 85% (Sindirações, 2005).

Outro método empregado para o controle de qualidade é o índice de dispersibilidade da proteína (PDI), que mede a solubilidade da proteína em água após centrifugação. Segundo Batal et al, (2000), farelos de soja que apresentam PDI de 45% ou inferior passam por processamento térmico adequado. Outras técnicas também são utilizadas para o controle de qualidade como a disponibilidade da lisina. No entanto, devido à complexidade e dificuldade de padronização destes métodos, os testes mais utilizados têm sido a atividade ureática e a solubilidade da proteína em KOH (Café et al., 2000).

Para melhor aproveitamento da qualidade nutricional da soja integral e do farelo é indispensável o conhecimento dos fatores antinutricionais presentes, pois são responsáveis por efeitos que prejudicam a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos frangos e limitam a utilização desses ingredientes em rações de aves (Leite et al., 2012).

Segundo Costa et al. (2014), na utilização da soja integral ou soja semi-integral em dietas para frangos de corte, o processamento por extrusão pode melhorar a aceitabilidade da soja, desde que seja adequadamente processada para inativar os inibidores proteolíticos e outros fatores antinutricionais contidos no grão cru. Assim, é importante realizar testes laboratoriais para monitorar a qualidade e que estejam dentro dos padrões recomendados.

Outro método de avaliação da qualidade que também é um ponto crítico de controle é a temperatura que segundo Couto (2008) deve ser constantemente monitorada para garantia de extrusão com máximo rendimento do equipamento. O sub processamento não é raro, o que compromete a qualidade do produto final. Segundo este mesmo autor a natureza viscosa, semi-sólida ou sólida dos produtos finais, bem como o alto custo e a baixa durabilidade dos instrumentos de medição da temperatura são fatores que dificultam o monitoramento.

Segundo Couto (2008) as características intrínsecas ao produto extrusado também influenciam a temperatura de extrusão. O teor maior de umidade ou óleo dos grãos proporciona menores temperaturas de extrusão, grãos verdes pós-colheita não proporcionam um eficiente atrito durante a extrusão.

Segundo Costa et al. (2013) pintos de um a sete dias de idade recebendo dietas contendo soja integral extrusada e farelo de soja com óleo degomado, apresentaram melhores índices de conversão alimentar em comparação as aves que receberam soja semi-integral extrusada. Estes resultados diferem dos encontrados por Dallmann et al. (2010) que ao avaliarem o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas contendo ingredientes de alta digestibilidade como óleo de soja não verificaram diferença entre dietas com utilização de soja semi-integral extrusada.

A inativação inadequada dos fatores antinutricionais presentes na soja semi-integral extrusada, contendo valores de atividade ureática de 1,40  $\Delta$  pH e solubilidade proteica de 99,37% apresentam aspectos negativos quanto ao aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos animais (Costa et al, 2013).

## **2.5 Composição Química**

O conhecimento da composição química dos ingredientes que compõem a ração de frangos de corte é fundamental para atender as exigências nutricionais das aves. A composição química e energética dos alimentos vegetais podem variar em função de fatores como a qualidade do solo, níveis de fertilização, temperatura, umidade, transporte e até da

forma de armazenamento. Existem variações significativas na composição química dos ingredientes conforme relatado na literatura. Segundo Tucci et al. (2003), as variações que ocorrem na composição química e no valor energético dos ingredientes, são mais evidentes nos subprodutos, haja vista que a obtenção desses na maioria das vezes não é padronizada.

Os dados de composição química, dos valores de digestibilidade e da disponibilidade de nutrientes são fundamentais para formular com precisão, a partir dos valores de composição química e energética e da digestibilidade de nutrientes (Santos et al., 2005).

Conforme relatado por Mello et al. (2016) muitos ingredientes utilizados nas rações apresentam padronização em seu processamento, o que confere características nutricionais semelhantes. No entanto os alimentos não convencionais, de modo geral, não apresentam padronização em sua forma de obtenção, podendo variar de acordo com cada empresa.

A composição química de alguns alimentos protéicos, tanto de origem animal quanto vegetal, apresentaram variações entre os valores de composição química dos alimentos quando comparados aos dados publicados nas tabelas brasileiras de aves de suínos.

As rações podem ser formuladas utilizando dados de tabelas internacionais e nacionais, como as do National research council (1994) cujos dados, em função de condições adversas, diferem dos citados nas condições brasileiras, (Rostagno et al., 2011).

No que se refere a composição química da soja semi-integral extrusada Nunes et al. (2015) observaram que as variações quanto a composição química de sojas extrusadas ocorrem devido principalmente a pouca padronização no processamento térmico empregado nas indústrias.

Segundo Nunes et al. (2015) os valores de Energia metabolizável variam de 3.191 a 4.242 Kcal/Kg e o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais variaram de 79,74 a 93,08% e 78,33 a 91,85% respectivamente.

## **2.6 Energia Metabolizável**

O nível energético da ração é um dos fatores limitantes de consumo (Fischer et al, 1998), pois está envolvido nos processos metabólicos, o que garante o aporte energético para manutenção e o máximo potencial produtivo das aves. Assim o desempenho das aves é influenciado diretamente pelo nível energético.

Existem várias formas de se expressar a energia presente no alimento, sendo a energia metabolizável a que melhor quantifica a energia disponível dos alimentos para as aves (Hill et al, 1959). E esta pode ser expressa tanto na forma de energia metabolizável aparente (EMA), com energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn).

De modo geral a energia contida nos alimentos é expressa em termos da energia metabolizável aparente (EMA), sendo o método da coleta total de excretas das aves, segundo metodologia descrita por Sibbald et al. 1963, o mais utilizado.

Segundo Alvarenga (2012) o conhecimento do conteúdo energético dos alimentos é fundamental para o fornecimento adequado de nutrientes às aves, uma vez que a maioria dos trabalhos evidencia a participação da energia na regulação do consumo. Porém, o procedimento biológico necessário para determinar a EMAn dos alimentos é demorado e oneroso. Portanto, o avanço de modernas técnicas para determinar os valores energéticos de alimentos utilizados para frangos de corte tem sido bastante considerável nos últimos anos. A aplicabilidade de equações de predição pode substituir o uso de tabelas para se estimar os valores de EMAn dos alimentos baseada nos seus valores de composição química. Isso sugere novas frentes de pesquisas, direcionando na elaboração de rações mais adequadas às necessidades das aves.

No que se refere a disponibilidade de energia metabolizável frente aos métodos de processamento da soja extrusadas, Freitas et al. (2005) relatam que os diferentes tipos de processamentos conferem à soja extrusada características nutricionais que se distinguiram principalmente no teor de energia metabolizável. Sendo que na formulação de rações para aves utilizando-se soja processada termicamente, devem-se considerar as diferenças na energia metabolizável, em função das temperaturas e processos envolvidos (Freitas et al., 2005)

A EMAn para pintos de corte nas fases pré-inicial (0-7 dias) e inicial (8-21 dias) tem sido muito estudada na última década, devido ao surgimento das linhagens de altas taxas de crescimento e deposição de carne, conhecidas como de “conformação”. Para expressar o potencial genético, as aves necessitam de se adaptar rapidamente para digerir uma dieta exógena, na qual os nutrientes são absorvidos a partir do intestino delgado, sendo que a energia fornecida pelos nutrientes que compõem a ração é derivada predominantemente dos carboidratos (Lima et al., 2016).

Estudos com linhagens selecionadas para maior taxa de ganho de peso demonstram que, aquelas de mais baixo peso corporal apresentam menor crescimento relativo de tecido intestinal (Nilsan et al., 1991) o que poderia comprometer o desempenho zootécnico na idade de abate. Mitchell et al. (1991) relataram que a seleção para peso corporal maior pode resultar em maior eficiência da absorção de nutrientes, visto que o peso relativo da mucosa intestinal diminui com a seleção para maior peso e melhor conversão alimentar.

Vários são os fatores que podem influenciar a taxa de crescimento de pintos de 0 a 21 dias de idade, dentre eles pode-se citar: quantidade do saco vitelino residual, qualidade e ingestão de alimentos e água, produção e atividade das enzimas digestivas, digestibilidade geral dos nutrientes. Um processo importante que deve ser considerado na alimentação é a alteração fundamental no metabolismo energético de lipídios para carboidratos, Dibner (2000).

Macari (2001) comenta que as enzimas digestivas já estão presentes no trato gastrointestinal do embrião, entretanto, a presença de substrato parece induzir uma maior produção. A atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas quanto de membranas aumenta com a idade do frango, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade. Nilsan et al. (1991) descreveram que a atividade enzimática no trato gastrointestinal medidas no pâncreas e no lúmen intestinal aumentam com a idade, sendo que os valores máximos no pâncreas são obtidos ao oitavo dia para a amilase e lipase, enquanto para a tripsina e quimotripsina ao décimo primeiro dia de idade. No conteúdo intestinal, a atividade máxima foi obtida no quarto dia para a lipase, ao décimo primeiro dia para as proteases e somente ao décimo sétimo dia para a amilase.

A concentração e qualidade de nutrientes em rações para os aves em crescimento devem estar adequadas para esta importante fase de criação. A principal fonte de energia para os pintos é o carboidrato, que é facilmente digestível e absorvido após a eclosão (Penz et al., 1997). Entretanto, é interessante observar resultados de Maiorka et al. (1997), nos quais relatam que dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (2900, 3000 e 3100 kcal/kg) não influenciam o consumo alimentar na primeira semana de idade, mas na segunda e terceira semana proporcionaram redução do consumo. O consumo de energia metabolizável foi maior na primeira semana, enquanto na segunda e terceira foram semelhantes, indicando que o consumo de ração somente foi regulado pela energia na terceira semana de idade.

## **2.7 Aminoácidos e Fatores Envolvidos na Digestão e Absorção**

Os aminoácidos são utilizados para varias funções, principalmente como unidades básicas da proteína. Existem na natureza cerca de 700 aminoácidos, no entanto somente 20

são utilizados na síntese de proteínas, sendo os aminoácidos: alanina, arginina, aspártico, asparagina, cisteína, fenilalanina, glicina, glutâmico, glutamina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina, triptofano e valina. O restante são chamados de aminoácidos não proteicos (ex. citrulina, ácido diaminopimélico, homocisteína, hidroxiprolina, hidroxicisteína, ornitina, taurina entre outros) (Mello et al., 2016).

Segundo Nunes (1998) os aminoácidos podem ser classificados quimicamente quanto à natureza e a polaridade da cadeia carbônica e quanto ao destino no metabolismo. Quanto a natureza química da cadeia carbônica tem-se: aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), básicos (lisina, arginina e histidina), ramificados (isoleucina, leucina e valina), sulfurados (metionina, cisteína e cistina).

A forma mais útil de classificar os 20 aminoácidos utilizados na síntese de proteínas é pela polaridade de suas cadeias laterais, havendo três tipos principais de aminoácidos: grupos apolares, grupos polares não carregados e grupos polares carregados. O grupo apolar são formados por nove aminoácidos, sendo a glicina com menor tamanho de cadeia, apenas um átomo de hidrogênio. A alanina, valina, leucina e isoleucina constituídas de cadeias laterais alifáticas, com tamanhos que variam de um grupo de metila para a alanina aos grupos butil isoméricos para a leucina e a isoleucina. Compõe ainda este grupo a metionina, prolina, fenilalanina e o triptofano.

O grupo de aminoácidos polares não carregados são formados por seis aminoácidos: serina, treonina, asparagina, glutamina, tirosina e a cisteína que é única entre os 20 aminoácidos, pois possui um grupo tiol que pode formar uma ponte dissulfeto com outra cisteína por meio da oxidação dos dois grupos tiol. Esse composto dimérico foi citado na literatura bioquímica antiga como o aminoácido cistina, e a cisteína foi, então, considerada um resíduo de meia-cistina.

O grupo de aminoácido polar carregado é dividido em aminoácidos que apresentam cadeias laterais carregadas positivamente, aminoácidos básicos sendo eles: lisina, arginina e histidina, e aminoácidos contendo cadeia lateral carregada negativamente, ácidos: ácido aspártico e ácido glutâmico.

No que se refere à essencialidade dos aminoácidos, Nunes (1998) descreve que os animais não possuem a capacidade de sintetizar o amino-grupo, limitando-se à sua transferência entre cadeias carbonadas e na síntese daqueles aminoácidos denominados nutricionalmente não essenciais, vale salientar que todos os aminoácidos são metabolicamente essenciais.

Aminoácidos essenciais podem ser definidos como aqueles que o animal não pode sintetizar em quantidade ou em velocidade apropriada às suas necessidades fisiológicas e de produção, sendo considerado aminoácidos essenciais: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e sintetizados a partir de substratos limitados: cistina e tirosina. (Nunes 1998).

Segundo Araujo (2011) as proteínas possuem tanto ligações intra como intermoleculares, como as pontes de enxofre em proteínas globulares. A função dessas ligações é minimizar a proteólise. O processamento térmico dos alimentos pode levar a formação de ligações cruzadas. Estas ligações covalentes artificiais entre as cadeias de polipeptídios reduzem a digestibilidade e disponibilidade biológica dos aminoácidos. O aquecimento elevado da proteína resulta na remoção do próton do átomo de carbono na posição  $\alpha$ , levando a formação do carbânio.

Os carbânios derivados da cistina e fosfoserina, após a reação de  $\beta$ -eliminação, resultam na formação de deidroalanina (DHA). Uma vez formada, a DHA reage com grupos nucleofílicos, como o grupo  $\epsilon$ -amino da lisina, grupo tio da cistina resultando em ligações cruzadas entre proteína-proteína que não são hidrolizadas pela tripsina com isso tem-se uma interferência na digestibilidade dos aminoácidos.

No que se refere a exigências de aminoácidos para frangos de corte Waguespack et al. (2009) relata que a sequência de aminoácidos limitantes de dieta a base de milho e de farelo de soja para frangos de sete a 21 dias de idade, foi: metionina, lisina, treonina, valina, glicina e arginina e para frangos de 21 a 33 e de 33 a 42 dias de idade a ordem dos aminoácidos limitantes passou a ser metionina, lisina, treonina, valina e arginina.

Com a disponibilidade comercial dos aminoácidos cristalinos, nos últimos anos, foi introduzido o conceito de proteína ideal, que pode ser definida como o balanço exato dos aminoácidos sem excesso ou deficiências para atender as exigências das aves para manutenção e máxima deposição proteica, reduzindo assim o uso deles como fonte de energia evitando o excesso de nutrientes na dieta e a diminuição do impacto ao meio ambiente. A redução de 1% de proteína na dieta representa de 8 a 10% a menos de nitrogênio excretado, provocando também a redução do nível de amônia no ar (Waguespack et al., 2009).

O conhecimento da ordem dos aminoácidos limitantes nas dietas dos animais é de extrema importância para o nutricionista que formula dietas, e também para as indústrias que produzem os aminoácidos. Nas dietas para frangos de corte a ordem dos aminoácidos limitantes pode variar de acordo com a idade da ave, os ingredientes utilizados para formular a ração e os níveis nutricionais usados para calcular as rações.

No que se refere ao tratamento térmico Araujo (2011) relatou que as proteínas foram desnaturadas quando expostas a moderado aquecimento de 60 a 90°C. A desnaturação excessiva das proteínas resulta na sua insolubilização, alterando as propriedades funcionais dependentes da solubilidade. Do ponto de vista nutricional este mesmo autor relatou que a desnaturação parcial melhora a digestibilidade e a disponibilidade biológica de aminoácidos essenciais.

Nunes (1998) relatou que uma das causas mais comuns do excesso de calor, sobre as proteínas é a reação de Maillard, na qual o grupo épsilon do aminoácido lisina combina-se com açúcares redutores e aldeídos, tornando o aminoácido biologicamente indisponível para o animal.

Segundo Rutz (2008) as proteínas presentes no trato digestório do frango de corte que são submetidas à hidrólise, provem da dieta, bem como das células de descamação e secreções presentes no lúmen. Parte da hidrólise ocorre pela ação das enzimas proteolíticas em pH baixo (1,0 a 4,0). Assim quanto maior a área de superfície disponível para as enzimas e o tempo de ação das enzimas sobre o substrato, melhor será a digestão e disponibilidade dos aminoácidos para posterior absorção. Os aminoácidos entram no organismo pela via porta quase que inteiramente na forma livre, mas nem todos aminoácidos são oriundos da proteína da ingesta. Parte é proveniente da descamação epitelial e de enzimas digestivas. As células da mucosa do jejuno de aves jovens são substituídas dentro de um período de 48 horas.

Sobre os principais fatores que influenciam na digestão proteica e absorção de aminoácidos, Rutz (2008), destaca os seguintes fatores: A maioria dos aminoácidos é absorvida por transporte ativo secundário, portanto, contra um gradiente de concentração do lúmen intestinal para o sangue; os aminoácidos competem pelo transportador no momento da absorção; a presença de açúcares *in vitro* pode resultar na inibição da transferência de aminoácidos. Isso ocorre principalmente quando açúcares não metabolizáveis estão envolvidos; condição física dos animais, que pode ser afetada pela idade, antibióticos, deficiência nutricional e restrição alimentar, apresenta influência na absorção intestinal de aminoácidos.

No que se refere a competição entre aminoácidos pelo mesmo sítio de absorção, caso ocorra excesso de um aminoácido de mesma estrutura ou quimicamente relacionado em relação a outro essencial, mas presente no limite mínimo da necessidade, observa-se que mesmo não havendo um bloqueio na absorção, nota-se que os níveis plasmáticos elevados do

aminoácido em excesso promovem maior excreção do aminoácido de mesmo grupo (Nunes 1998)

Segundo Rutz (2008) os L aminoácidos são absorvidos mais rapidamente que o D isômeros. Existe um sítio comum de absorção da metionina, entretanto, a forma L apresenta maior especificidade química e afinidade e assim, é transportada mais rapidamente. Dessa forma os aminoácidos D e L são transportados ativamente, mas com diferentes taxas de absorção. Aminoácidos neutros são absorvidos mais rapidamente que os básicos e ácidos. Existem pelo menos três diferentes sistemas de transporte de aminoácidos, ou seja, aminoácidos neutros, básicos e ácidos. Por outro lado, parece existir subsistemas para os aminoácidos neutros com um carreador específico para a glicina, outro para a metionina e aminoácidos alifáticos e, um último, para os demais aminoácidos. A existência de proteínas transportadoras comuns para aminoácidos indica competição entre os mesmos durante o processo absorptivo. Por exemplo, a absorção de L lisina é inibida pela L arginina, L fenilalanina, ou L histidina, enquanto a absorção de L leucina é inibida pela L valina, L isoleucina ou L metionina, com pouca ou nenhuma competição observada para os sítios de glicina. Assim os sítios de absorção demonstram preferência e não exclusividade.

Segundo Nunes (1998) Pode-se obter depressão no crescimento de pintos pela adição de lisina a uma dieta em que a arginina esteja presente nos limites mínimos da necessidade, já que os dois são antagônicos. O efeito pode ser revertido pela adição de mais arginina ou reduzindo-se a quantidade de lisina adicionada.

O principal sítio de absorção dos aminoácidos é o íleo, o duodeno e o intestino grosso se caracterizam por não apresentar absorção dos aminoácidos por transporte ativo. Por outro lado o ceco e o cólon do embrião promovem o transporte ativo dos aminoácidos Rutz (2008).

## **2.8 Nutrição de Precisão**

O mundo vem mudando a passos largos com o surgimento de novas tecnologias em todos os setores, neste cenário, e em busca de evolução constante e com o intuito de atender as necessidades da nutrição programada bem como das relações com o meio ambiente, pesquisas vem sendo desenvolvida acerca da formulação de precisão totalmente automática (Sagismundo, 2013).

A biotecnologia também pode contribuir de forma decisiva na nutrição de precisão uma vez que segundo Melo et al. (2016) esta tecnologia participa de forma ativa na nutrição de aves e é fator predominante para o desenvolvimento da atividade. É preciso atentar para esse ramo de produção, pois a partir de novas biotecnologias podem-se surgir também, novas possibilidades na avicultura industrial.

Segundo Pandorfi et al. (2012) para que a zootecnia de precisão que abrange a nutrição de precisão se torne uma realidade, e para que funcione de um modo promissor há ainda um longo caminho a percorrer, no qual se destacam: ampliação dos indicadores de estresse animal; desenvolvimento de sistemas ou técnicas de registro de dados sobre os indicadores sem alteração do comportamento animal; avaliar a viabilidade destes sistemas ou técnicas; validação dos dados obtidos; desenvolvimento de softwares que permita a gestão integrada de todas as informações armazenadas. O monitoramento das condições ambientais internas e externas as instalações, bem como a resposta dos animais à situações de estresse, permitirá efetuar uma gestão integrada e em tempo real, o que permitirá aos animais atingir bons níveis produtivos respeitando as regras de bem-estar animal.

Produção animal de precisão é fornecer meios ao produtor de monitorar seus empreendimentos de forma prática, e alcançar índices produtivos com base em informações geradas por sistemas específicos. No entanto, para que isso ocorra, é necessário o emprego de

ferramentas tecnológicas que diminuam as perdas e possibilitem o controle mais rígido do sistema produtivo, de maneira a tornar a produção animal mais competitiva e empreendedora (Pandorfi et al. 2012)

Uma ferramenta utilizada na nutrição de precisão é o espectrômetro NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy), que é um equipamento de alta precisão que efetua análises de alimentos usando o princípio de emissão de radiação eletromagnética. Segundo Lima (2016) o NIRS é uma técnica analítica que usa uma fonte de luz produtora de comprimento de onda conhecido: 700 a 2500 nm, permitindo a obtenção de um quadro completo da composição orgânica de uma substância ou material analisado.

A técnica baseia-se no princípio de que diferentes ligações químicas na matéria orgânica absorvem ou emitem luz de comprimentos de onda diferentes quando a amostra é irradiada. Produtos naturais absorverem radiação próxima ao infravermelho, região específica ou comprimento de onda específico, especialmente as ligações N-H, O-H e C-H que são fortemente absorvidas pela radiação próxima ao infravermelho. Amostras com elevados níveis de proteínas (muita ligação N-H) absorvem mais em regiões de ligação amino do que amostras com baixo nível de proteína. Amostras com elevados níveis de umidade ou açúcar, terão absorção mais elevada na região associada com hidroxilas (Qião et al., 2004)

São realizadas leituras espectrais no comprimento de ondas da amostra estabelecendo-se uma correlação entre os resultados das análises tradicionais e os espectros conseguidos. Através de um espectro de uma amostra consegue-se predizer a sua composição de proteína e aminoácidos por comparação com um banco de dados.

No que se refere a absorbância e absorção da luz, Jenkins et al. (1981) relatam que existem dois aspectos importantes quando um raio de luz passa por um meio gasoso, líquido ou sólido. No primeiro, na medida que a luz penetra em um meio, a sua intensidade irá diminuir em maior ou menor proporção. Já no segundo aspecto diz que a velocidade de propagação será menor no meio do que no espaço livre.

Segundo Ribeiro (2007) a absorção é a principal causa da perda de intensidade e em alguns casos o espalhamento contribui ativamente. Se um meio for diferente do vácuo, o raio que penetra neste meio sofrerá perda de intensidade, amplitude de ondas e haverá absorção. Com a lei de Beer-Lambert, que explica que há uma relação exponencial entre a transmissão de luz através de uma substância e a concentração desta substância, ou seja, relaciona a absorção de luz com as propriedades do material atravessado por esta, pode ser definida a absorbância de um meio através da equação 01.

Equação 01:

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-A} = 10^{-\alpha l c_a}$$

Sendo  $I_0$  o raio incidente,  $I_1$  o raio emergente,  $\alpha$  o coeficiente de absorção e  $l$  a espessura do meio e  $c_a$  a concentração de absorbância do meio. A equação para determinar a absorbância do meio pode ser definida na equação 02.

Equação 02:

$$A = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I_1} \right)$$

A energia radiante do infravermelho (IV) é empregada para caracterizar substâncias orgânicas. O espectrômetro do NIRS se baseia na aplicação da matemática à química analítica, quimiometria. Com isso existe a necessidade de se criar um banco de dados com diversas amostras de um mesmo tipo de ingrediente que tenham ampla variabilidade de seus componentes, montando a curva de predição.

Uma vez criada e validada a biblioteca de espectros, ou curva de predição, sua facilidade de uso e o baixo custo tornam o método superior às metodologias convencionais.

No entanto, por ser uma metodologia secundária, o NIRS não é mais preciso que o método de origem. Além disso, por se tratar de um método indireto a calibração deve ser feita com muito cuidado e com uma seleção de amostras que tenha variabilidade suficiente para representar toda a faixa de trabalho, além das concentrações dos constituintes refletindo sempre nas mesmas frequências (Campestrini, 2005).

Segundo Parreira (2003) A espectroscopia na região do infravermelho próximo tem sido amplamente utilizada nos últimos anos em diversos segmentos da indústria com o propósito de quantificação. O NIRS apresenta diversas vantagens quando comparado aos métodos químicos tradicionais, como a rapidez, a não necessidade de preparação da amostra, o fato de ser um método não-destrutivo, além de permitir a multiplicidade de análises em um mesmo espectro. Porém, seu uso em análises quantitativas, popularizou-se apenas com a crescente disponibilidade de recursos computacionais e de “softwares” quimiométricos desenvolvidos para análise deste tipo de dados.

Quimiometria é uma ferramenta de aplicação de métodos matemáticos e estatísticos frequentemente utilizado para maximizar as informações que podem ser extraídas de um conjunto de dados de origem química. Segundo Trevisan (2006) os métodos quimiométricos podem ser aplicados a dados multivariados com os propósitos qualitativos e quantitativos.

Segundo Campestrini (2005) desde que o primeiro NIRS foi desenvolvido, documentos demonstraram a habilidade desta tecnologia para prever valores de substâncias químicas tradicionais e outros parâmetros de interesse nutricional para diferentes alimentos e forragens. Porém, existe ainda a necessidade de maiores estudos para tornar sua calibração mais exata e a interpretação mais fácil de seus resultados.

Os ingredientes utilizados nas formulações podem sofrer grandes variações em suas composições nutricionais, em virtude de inúmeros fatores, como genética do grão, adubação, armanejamento, época do ano, entre outros. Essas variações existentes nas matérias-primas, se não identificadas e ajustadas causam grandes impactos no desempenho animal com perdas econômicas significativas.

Valdes et al. (1991) avaliaram o NIRS como técnica para prever a energia metabolizável de aves através realização de ensaio de metabolismo, utilizaram vinte ingredientes diferentes na formulação das dietas e a partir das 80 alimentações utilizadas, 49 foram usados para desenvolver a calibração NIRS para EMAn e os restantes 31 amostras foram utilizadas para testar a precisão da calibração. As calibrações NIRS foram desenvolvidos para dois tipos de espectrofotômetros NIRS, um scanner e um filtro. Diferentes tratamentos matemáticos dos espectros foram usadas antes de selecionar o melhor conjunto de comprimentos de onda para prever EMAn. Uma técnica estatística multivariada, também foi empregada nas previsões de EMAn a técnica NIRS, segundo estes autores, parece ter um potencial como um método rápido, não destrutivos de análise EMAn de ração para aves.

Segundo Santos (2011) a implantação da tecnologia NIR assegura a qualidade dos ingredientes bem como das rações produzidas e desta forma trabalha cada vez com uma nutrição responsável. Ou seja, o NIR torna-se uma ferramenta de fundamental importância para garantir que o produto formulado seja a ração consumida pelo animal. Podemos afirmar que o NIR possibilita ganhos econômicos de grandes proporções, desde que suas informações sejam utilizadas de alguma maneira para aperfeiçoar o processo.

Segundo Sagismundo (2013) a formulação online utilizando-se o NIRS permite a atualização das matrizes nutricionais em tempo real e a reformulação das rações a cada batida, otimizando-as sempre por mínimo custo. Este novo sistema integra o programa de formulação ao nutricionista.

Com a utilização do programa de formulação online, as amostras são analisadas em tempo real na linha de produção, obtendo, assim, uma precisão incomparável aos métodos tradicionais. Com os dados das análises, tem-se um ajuste nutricional para uma nova formulação de ração a cada batida, garantindo que os níveis nutricionais estejam sempre dentro dos parâmetros ideais.

Segundo Lima (2016) o equipamento NIRS acoplado à linha de produção, realiza leituras espectrais continuamente nas amostras dos ingredientes direcionado através de esteira. O equipamento é capaz de realizar até seis leituras espectrais por segundo garantindo precisão nas análises dos ingredientes. Durante o período de tempo em que as amostras são analisadas pelo NIRS na esteira os dados vão sendo armazenados e ao final deste período é emitido uma média dos valores nutricionais que são utilizados pelo programa integrado de formulação que realiza a atualização das matrizes nutricionais dos ingredientes quando se fizer necessário.

O equipamento NIRS pode ser utilizado em diferentes pontos estratégicos da fábrica de rações, a saber: recepção dos ingredientes na linha de produção antes do misturador, após o processo de peletização e na expedição das rações acabadas (Santos, 2011).

Os projetos de formulação online existentes no mundo obedecem ao conceito de formulação a partir de tendências uma vez que a matriz nutricional é atualizada sempre que necessário, a partir das análises realizadas nos ingredientes que já foram utilizados para a formulação, em outras palavras, existe uma inércia entre a realização das análises do NIRS e a alteração das matrizes nutricionais dos ingredientes, no entanto, esta inércia é apenas de uma batida ou batelada do misturador (Lima, 2016).

## **CAPÍTULO I**

### **DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE ENERGIA METABOLIZAVEL DA SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

## RESUMO

LIMA, Marcos Fabio. **Determinação dos valores de energia metabolizável da soja semi-integral extrusada em diferentes temperaturas.** 2016. 89p Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O experimento foi realizado em três unidades distintas: Departamento de Nutrição Animal e Pastagens (DNAP) do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Centro de Pesquisas Avícolas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e a Unidade de Produção de Rações de Bananal – SP da Empresa Reginaves Industria e Comercio de Aves Ltda. Foi realizado ensaio de metabolismo para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), pelo método tradicional de coleta total de excretas utilizando frangos de corte alimentados com rações contendo soja semi-integral extrusada (SSIE) em diferentes temperaturas. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de temperaturas de extrusão da SSIE: 60% dieta referencia + 40% SSIE a 90°C; 60% dieta referencia + 40% SSIE a 100°C; 60% dieta referencia + 40% SSIE a 110°C e 60% dieta referencia + 40% SSIE a 120°C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições e 10 frangos por repetição. Para realização dos cálculos necessários a obtenção dos valores energéticos dos ingredientes, foi mantido um grupo de frangos, distribuídos da mesma forma que os tratamentos, recebendo apenas ração referência, não sendo este objeto de análise estatística. Para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn). De acordo com as análises de regressão, os valores de EM e EMAn foram significativamente influenciadas pelos tratamentos da soja semi-integral a 90, 100, 110 e 120°C. Foi verificado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) entre as temperaturas de extrusão da soja semi-integral e as EMA e EMAn, sendo que as melhores temperaturas de extrusão estimadas para EMA e EMAn foram de 105,71 e 105,58°C respectivamente, para os valores de 3720,09 Kcal/Kg para EMA e 3424,99 Kcal/Kg para EMAn.

**Palavras-chave:** Soja semi-integral extrusada. Energia metaboalizavel. Frangos de corte.

## ABSTRACT

LIMA, Marcos Fabio. **Determination of metabolizable energy of extruded semi-whole soybean at different temperatures.** 2016. 89p Thesis (Doctor Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The experiment was carried out in three distinct units: Department of Animal Nutrition and Pastures (DNAP) of the Animal Science Institute of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Poultry Research Centre of the Federal Institute of Science Education and Technology of Rio de Janeiro and Feed Production Unit Bananal - SP Company Reginaves Industria e Comercio de aves Ltda. A metabolism trial was conducted to determine the corrected apparent metabolizable energy (AME), the traditional method of total excreta collection using broilers fed with extruded semi-whole soybean at different temperatures. The treatments consisted of four levels of extrusion temperatures of the semi-whole soybean namely: T1 - 60% reference diet + 40% extruded semi-whole soybean to 90 ° C; T2 - 60% reference diet + 40% extruded semi-whole soybean to 100 ° C; T3 - 60% Reference Diet + 40% extruded semi-whole soybean to 110 ° C; T4 - 60% reference diet + 40% extruded semi-whole soybean to 120 ° C. The experimental design was completely randomized with four treatments and six replications and 10 male broilers per replicate, totaling 60 chickens per treatment. To perform the calculations necessary for obtaining the energy values of the ingredients was maintained group of broilers spread in the same way that the treatments, receiving only basal diet, which is not subject to statistical analysis. To determine the apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME), it was carried out the biological assay of excreta collection. During the test were provided five treatments, with the reference diet and four test diets were comprised of mixture of 60% of the reference diet with 40% of the treatment ingredient to be evaluated. According to the regression analysis, MS and AME values were significantly influenced by the treatments of semi-integral soybean to 90, 100, 110 and 120°C. It was verified quadratic effect (P 0.05) between the extrusion temperature of the semi-integral soybean and AME and AME, and the best extrusion temperatures estimated for AME and AME were 105.71 and 105,58°C respectively, for the values of 3720.09 kcal / kg for EME and 3424.99 kcal / kg for AMEn

**Keywords:** Extruded semi-whole soybean. Metabolizable energy. Broilers

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por proteína de origem animal em quantidade e qualidade pela população mundial, bem com a evolução genética das linhagens de conformação de frangos de corte tem demandado dos nutricionistas formulações de rações cada vez precisas e econômicas. Tradicionalmente as rações de aves são formuladas a base de milho, farelo de soja utilizando-se óleos e gorduras por se tratarem de rações de elevada densidade nutricional para atenderem as exigências das novas linhagens de frangos que estão em constante mudança. Nas últimas décadas pesquisas tem sido realizadas mostrando a viabilidade de se utilizar o grão de soja integral e semi-integral na alimentação de frangos de corte em substituição ao farelo de soja e os óleos e gorduras. No entanto para se utilizar a soja integral ou semi-integral esta deve ser submetida a processamento térmico para a inativação dos fatores antinutricionais presentes no grão.

O processamento térmico do grão de soja é uma tecnologia amplamente utilizada, contudo a padronização do processo industrial de inativação destes fatores antinutricionais ainda necessita de parâmetros bem definidos, dentre eles a temperatura de extrusão em cada método empregado.

Em função da importância da utilização da soja integral ou semi integral desativada por extrusão ou cocção, muitos estudos vem sendo realizados para avaliar os fatores antinutricionais e os métodos de inativação dos mesmos por processos hidrotermicos, no entanto, existem poucos estudos correlacionando temperaturas de extrusão e valores nutricionais da soja sobretudo da energia metabolizável.

Desta forma a realização de pesquisas que correlacione as temperaturas de extrusão da soja semi-integral com a desativação dos fatores anti nutricionais sem comprometer a qualidade nutricional deste ingrediente torna-se cada vez mais necessaria.

Sendo assim realizou-se este experimento com os objetivos de:

- 1) Determinar os valores de energia metabolizável (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da soja semi-integral submetida a diferentes temperaturas de extrusão.
- 2) Avaliar a desativação dos fatores anti nutricionais da soja semi-integral submetida a diferentes temperaturas de extrusão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética para uso de animais (CEUA - IZ) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelo processo no 007756/2014, e está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e com a legislação vigente, tendo sido aprovado em 03/11/2014.

O experimento foi realizado em três unidades distintas: Departamento de Nutrição Animal e Pastagens (DNAP) do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Centro de Pesquisas Avícolas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e a Unidade de Produção de Rações de Bananal – SP da Empresa Reginaves Industria e Comercio de Aves Ltda.

Foi realizado um ensaio de metabolismo para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), pelo método tradicional de coleta total de excretas de acordo com a metodologia descrita por Sibbald (1963), utilizando frangos de corte alimentados com rações contendo soja semi-integral extrusada em diferentes temperaturas.

### 2.1 Tratamentos

Os tratamentos consistiram em quatro níveis de temperaturas de extrusão da soja semi-integral a saber:

- T1 – 60% dieta referencia + 40% soja semi-integral extrusada (SSIE) a 90°C;
- T2 – 60% dieta referencia + 40% soja semi-integral extrusada (SSIE) a 100°C;
- T3 – 60% dieta referencia + 40% soja semi-integral extrusada (SSIE) a 110°C;
- T4 – 60% dieta referencia + 40% soja semi-integral extrusada (SSIE) a 120°C.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições e 10 frangos machos por repetição, totalizando 60 frangos por tratamento.

Para realização dos cálculos necessários a obtenção dos valores energéticos dos ingredientes, foi mantido um grupo de frangos, distribuídos da mesma forma que os tratamentos, no que se refere ao número de repetições e número de aves por repetição, recebendo apenas a dieta referência, não sendo este objeto de análise estatística.

### 2.2 Processamento da Soja Semi-Integral Extrusada (SSIE)

A soja semi-integral foi extrusada em uma fábrica de rações comercial localizada no município de Bananal – SP.

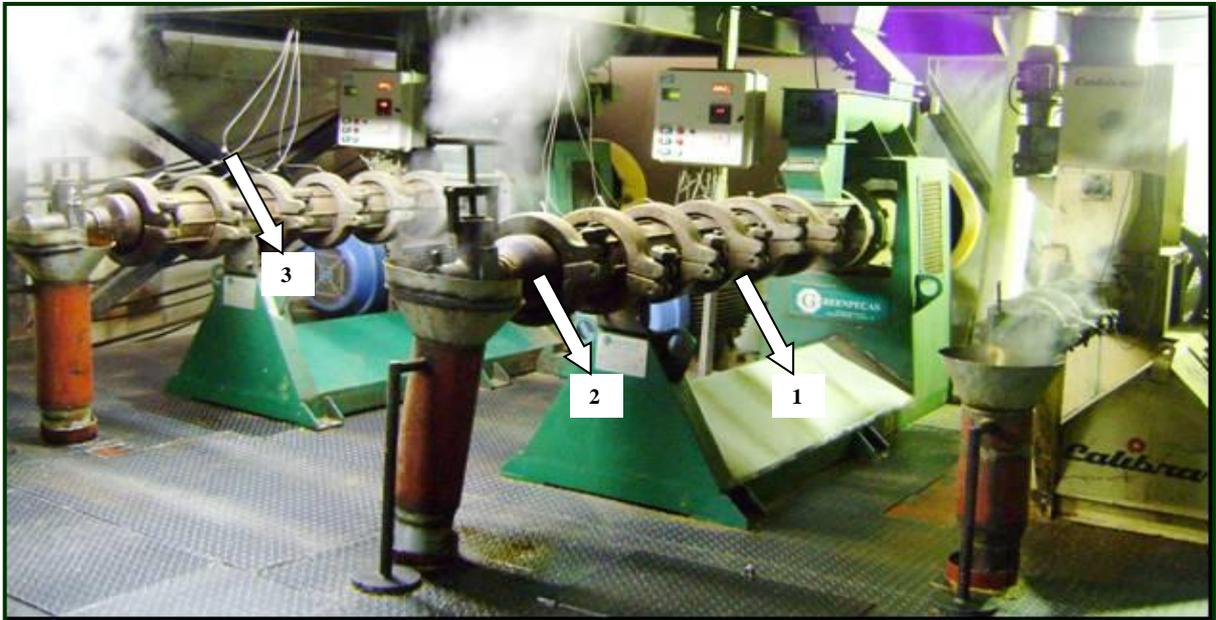
Para obtenção da SSIE foi separado, de forma aleatória, um lote de 30 toneladas de soja grão do cultivar BRS8560RR, proveniente do estado de Goiás. Após a recepção dos grãos, esta soja in natura passou a ser denominada de lote de soja experimental, que foi armazenada em um silo específico e em seguida direcionado para o prédio de processamento da SSIE.

No prédio de processamento o grão de soja in natura passou por um processo de pré-limpeza em seguida foi realizada a separação da casca e direcionada para a extrusora, sendo este lote extrusado em quatro temperaturas: 90, 100, 110 e 120 graus centígrados, respectivamente, por extrusão a seco em uma extrusora da marca GREW com motor de 250cv marca Weg com capacidade de 2,5 toneladas por hora, constituída de ferro fundido (Figura 1).

A temperatura de extrusão foi regulada através de sensores de temperaturas localizados no canhão da extrusora (Figura 1). O tempo de passagem da massa de soja pela extrusora foi de 20 segundos, sendo que a mais alta temperatura de extrusão foi detectada no

ultimo anel do canhão extrusor e o tempo de exposição da soja a esta temperatura foi de quatro segundos.

Para determinar as temperaturas de extrusão da soja semi-integral estudada, foram consideradas as temperaturas mais altas detectadas no ultimo anel do extrusor.



**Figura 1.** Extrusora utilizada para submeter a soja em diferentes temperaturas de extrusão. 1- Canhão extrusor, 2- Último anel (cone) do canhão extrusor, 3- Sensores de temperatura

Após a extrusão a soja foi submetida à prensagem mecânica através de uma prensa modelo LDS contendo motor de 60 cv marca Weg com capacidade de 5 toneladas por hora (Figura 2).



**Figura 2.** Prensa utilizadas para obtenção da soja semi integral extrusada em diferentes temperaturas

Foram realizadas as análises de acordo com AOAC (1995) da atividade ureática, solubilidade proteica, proteína bruta, extrato etéreo e umidade na soja semi integral extrusada nas diferentes temperaturas.

Foi realizada a análise qualitativa da uréase, ou teste rápido, através da adição do reagente teste sobre a soja semi integral extrusada nas diferentes temperaturas e realizada a análise visual dos pontos vermelhos encontrados após cinco minutos de reação. A interpretação foi feita observando a intensidade dos pontos vermelhos encontrados na soja sendo que quanto maior a intensidade dos pontos maior é a atividade de ureática. O reagente do teste rápido foi preparado utilizando-se: 0,25g de vermelho de fenol; 15 ml de solução NaOH 0,1M; 22,5g de ureia PA; 967,5 ml de água e 17,5ml de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1M, de acordo com a metodologia da ANFAR (2013).

### 2.3 Animais Instalações e Manejo

Foram utilizados 300 pintos de corte machos da linhagem Cobb de 13 a 23 dias de idade. As aves foram alojadas do primeiro ao décimo terceiro dia de idade em boxes com dimensões de dois metros de comprimento por um metro e cinquenta centímetro de largura (2,0 X 1,5 metros), onde foram alojadas 10 aves/ m<sup>2</sup> em galpão Climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas (CPA) - IFRJ Campus Pinheiral (Figuras 3 e 4). Neste período as aves receberam dieta inicial formulada de forma a atender as recomendações de Rostagno et al. (2011), conforme Tabela 1.



**Figura 3.** Galpão Climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ, vista Externa (CPA).Baterias metálicas para a realização do ensaio de metabolismo



**Figura 4.** Galpão Climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ, vista interna (CPA)

**Tabela 1.** Composição percentual e calculada da dieta inicial

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho (7,5%)	52,000
Farelo de soja (45,60%)	41,000
Óleo de soja	2,620
Fosfato bicálcico	2,050
Calcário calcítico	0,900
Cloreto de sódio	0,550
DL-metionina	0,350
L-lisina HCl	0,210
L-treonina	0,060
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,100
Cloreto de colina	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>	
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2960,00
Proteína bruta (%)	22,900
Cálcio (%)	0,960
Fósforo disponível (%)	0,490
Sódio	0,220
Lisina total (%)	1,410
Lisina digestível (%)	1,300
Metionina total (%)	0,690
Metionina digestível (%)	0,660
Metionina+Cistina total (%)	1,050
Metionina+Cistina digestível (%)	0,960
Treonina total (%)	0,960
Treonina digestível (%)	0,840
Triptofano total (%)	0,290
Triptofano digestível (%)	0,260
Ácido linoleico	2,740

<sup>1</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>2</sup> Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g; enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g.

<sup>3</sup> Antioxidante Beta Hidroxi-butyl Tolueno (BHT)

As aves foram transferidas para as gaiolas de metabolismo aos 13 dias de idade onde permaneceram até o final do experimento. As aves ficaram sob período de adaptação as condições experimentais durante os cinco primeiros dias nas gaiolas, aos 18 dias de idade iniciou-se o período de coleta total de excretas de acordo com a metodologia descrita por Sibbald (1963). Durante o período experimental foram alojadas 10 aves por unidade experimental, utilizando-se baterias metálicas compostas de três andares, com 7650 cm<sup>2</sup> de área (90 cm de largura, 85 cm de comprimento e 40 cm de altura) totalizando 30 gaiolas (Figura 5). Cada gaiola era provida de um bebedouro e um comedouro tipo calha. As baterias estavam dispostas no galpão climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ.



**Figura 5.** Baterias metálicas para a realização do ensaio de metabolismo.

#### **2.4 Ensaio de Metabolismo**

Para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), foi realizado o ensaio biológico de coleta total de excretas.

Durante o ensaio foram fornecidas cinco dietas, sendo uma a dieta referência, apresentada na Tabela 2, e quatro dietas testes, que foram constituídas da mistura de 60% da dieta referência com 40% do ingrediente tratamento a ser avaliado.

**Tabela 2.** Composição percentual e calculada da dieta referencia

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho (7,5%)	56,000
Farelo de soja (45,60%)	36,500
Óleo de soja	3,620
Fosfato bicálcico	1,550
Calcário calcítico	1,020
Cloreto de sódio	0,420
DL-metionina	0,300
L-lisina HCl	0,230
L-treonina	0,100
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,100
Cloreto de colina	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>	
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	3050,000
Proteína bruta (%)	21,200
Cálcio (%)	0,840
Fósforo disponível (%)	0,400
Sódio	0,210
Lisina total (%)	1,310
Lisina digestível (%)	1,220
Metionina total (%)	0,610
Metionina digestível (%)	0,590
Metionina+Cistina total (%)	0,950
Metionina+Cistina digestível (%)	0,870
Treonina total (%)	0,890
Treonina digestível (%)	0,790
Triptofano total (%)	0,260
Triptofano digestível (%)	0,240
Ácido linoleico	3,030

<sup>1</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>2</sup> Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g; enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g.

<sup>3</sup> Antioxidante Beta Hidroxi-butyl Tolueno (BHT)

As excretas foram coletadas em bandejas dispostas sob cada gaiola e revestidas com material plástico, para evitar contaminação. Foram realizadas duas coletas de excretas ao dia, às oito e às dezessete horas, para evitar fermentações fecais. As excretas de cada gaiola foram pesadas imediatamente após cada coleta e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer (-10°C) para análises posteriores, e o total de ração consumida por unidade experimental foi computado no final do período de coleta.

Após o término do experimento as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e retiradas sub-amostras de 400 gramas por repetição as quais foram acondicionadas em recipiente de alumínio (Figura 6) e submetidas à pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C, por um período de 72 horas. Após a pré-secagem, as excretas

foram expostas ao ar até atingirem a temperatura ambiente para serem pesadas e moídas em moinho tipo faca, com peneira de 1mm (Figura 6).

Os teores de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) foram determinados de acordo com AOAC (1995), no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Pastagens do Instituto de Zootecnia da UFRRJ e as análises de cálcio (Ca) e fósforo (P) dos ingredientes foram realizadas no Laboratório da CBO em Campinas –SP, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).



**Figura 6.** 1- sub amostras de 400 gramas acondicionadas em recipiente de alumínio. 2- moinhos tipo faca utilizado no processo de moagem das amostras após a pré-secagem

Foram determinados os valores de energia bruta, de matéria seca e de nitrogênio das excretas, das dietas teste e da dieta referência, sendo então calculados os valores de EMA e EMAn, por meio de equações descritas por Matterson et al. (1965):

#### ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE (EMA)

$$\text{EMA Ração referência} = \frac{\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada}}{\text{MS Ingerida}}$$

$$\text{EMA Ração teste} = \frac{\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada}}{\text{MS Ingerida}}$$

$$\text{EMA Alimento} = \text{EMA ref} + \frac{\text{EMA teste} - \text{EMA referência}}{\text{g Alimento/ g Ração}}$$

#### ENERGIA METABOLIZÁVEL APARENTE CORRIGIDA (EMAn)

$$\text{EMAn Ração referência} = \frac{\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada} \pm 8,22 \times \text{BN}}{\text{MS Ingerida}}$$

$$\text{EMAn Ração teste} = \frac{\text{EB Ingerida} - \text{EB Excretada} \pm 8,22 \times \text{BN}}{\text{MS Ingerida}}$$

## MS Ingerida

$$\text{EMAn Alimento} = \text{EMAn ref} + \frac{\text{EMAn teste} - \text{EMAn referência}}{\text{g Alimento/ g Ração}}$$

$$*\text{BN (Balanço de Nitrogênio)} = \text{N ingerido} - \text{N excretado}$$

Durante o ensaio experimental o animal pode reter ou perder nitrogênio fazendo com que modifique os valores de energia excretada. O nitrogênio retido na forma de tecido animal, quando catabolizado, contribui para as perdas de energia urinária endógena, portanto, variações na retenção de nitrogênio contribuirão para variações nos valores de EMA. Sendo assim, o uso da correção dos valores de EM pelo balanço de nitrogênio BN é recomendado para que se possa estimar com precisão a retenção ou perda de nitrogênio pelo animal. O BN consiste na diferença entre as quantidades de nitrogênio ingerido e excretado pelo animal. O total de nitrogênio retido ou perdido pelo animal ajusta a EMA obtendo-se a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn). O fator de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido representa a energia equivalente quando o ácido úrico é completamente oxidado, essa constante tornou-se universalmente utilizada, pois cerca de 80% do nitrogênio encontrado na urina das aves está na forma de ácido úrico (NRC, 1994).

### **2.5 Temperatura Interna do Galpão Experimental**

O controle de temperatura no galpão experimental foi realizado através sistema automático composto por aquecedor a gás modelo ARCOTHERN GA110 (Figura 7) e sistema de ventilação túnel através de exaustores de placa evaporativa, adaptada através de tijolos de barro e nebulizadores externos (Figura 8). As temperaturas de máxima e mínima, foram aferidas duas vezes por dia, as sete e às dezessete horas e estão descritas na Tabela 3.



**Figura 7.** Aquecedor automático (modelo ARCOTHERN GA110) a gás utilizado para aquecer todo o ambiente do galpão experimental



**Figura 8.** 1- sistema de ventilação túnel através de exaustores. 2 - placa evaporativa adaptada através de tijolos de barro e nebulizadores externos

**Tabela 3.** Temperaturas mínima e máxima no interior da sala de metabolismo durante o período experimental

Período	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Adaptação <sup>1</sup>	25,00°C	28,00°C
Coleta de fezes <sup>2</sup>	26,00°C	30,00°C

<sup>1</sup> Período de adaptação das aves de 13 a 18 dias de idade. <sup>2</sup> Período de coleta de fezes de 18 a 23 dias

## **2.6 Análise Estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos a análises estatísticas utilizando o programa o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2003). Foi realizada a análise de variância (ANOVA), na qual o efeito quantitativo principal (temperatura de extrusão da soja) foi estudado por análises de regressão. A temperatura ótima de extrusão foi estimada, pelo estudo do modelo quadrático.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de atividade uréase, solubilidade protéica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e umidade da soja semi-integral extrusada a 90, 100, 110 e 120°C podem ser observados na tabela 4.

**Tabela 4.** Resultados das análises de amostras da soja semi integral extrusada (SSIE) em diferentes temperaturas

Análises	Unidade	SSIE	SSIE	SSIE	SSIE
		90°C	100°C	110°C	120°C
Atividade de uréase	Dif. pH	1,06	0,12	0,10	0,03
Solubilidade proteica	%	92,82	90,01	81,43	81,00
Proteína bruta	%	40,60	41,00	40,7	40,5
Extrato etéreo por hidrolise ácida	%	12,0	12,0	12,0	12,0
Fibra bruta	%	5,00	5,00	5,00	5,00
Umidade volátil em 105 °C	%	6,4	6,4	6,3	6,0

Os valores obtidos neste experimento para atividade de ureáse e solubilidade protéica da soja semi-integral reduziram de 1,06  $\Delta$ pH e 92,82% em extrusão a 90°C para 0,03 e 81% em temperatura de extrusão de 120°C respectivamente. A partir da temperatura de extrusão 100°C os valores de atividade de uréase e solubilidade proteica já estão dentro dos padrões descrito por Brito et al (2006), onde o autor relatou que a soja integral extrusada quando super processada apresentavam atividade uréase e solubilidade proteica de 0,005 e 66% ou subprocessada de 0,500  $\Delta$ pH e 91% de atividade de uréase e solubilidade proteica, interferindo negativamente nos valores nutricionais das soja.

Segundo Lima et al. (2011), valores de atividade de urease acima de 0,30  $\Delta$ pH, são indicativos de aquecimento insuficiente, havendo portanto, presença de inibidor de tripsina na soja processada e valores acima de 90% para a solubilidade protéica, confirmam que a soja foi subprocessada. Os valores de atividade urease e solubilidade proteica obtidos para a soja semi-integral extrusada a 90°C foram de 1,06  $\Delta$ pH e 92,82% indicando que foi subprocessada já os valores encontrados para as temperaturas de extrusão de 100,110 e 120 estão também dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pelo Compendio Brasileiro de Nutrição Animal, ANFAR (2013).

As observações qualitativas do controle de qualidade da soja semi-integral extrusada através do teste rápido pode ser observado na figura 9. Onde o resultado é interpretado segundo a coloração da soja exposta por cinco minutos na presença do reagente do teste rápido na placa de petri.



**Figura 9.** Soja Semi Integral Extrusada (SSIE), análise ureáse qualitativa através do teste rápido visual

Na análise visual do teste pode-se observar que quanto maior o número de pontos vermelhos na soja maior foi a atividade de uréase que pode ser utilizado como indicador da presença de fatores antinutricionais, ou seja, a soja foi subprocessada.

Os valores de energia metabolizável (EM) e energia metabolizável aparente corrigida (EMn) para as temperaturas de extrusão da soja semi-integral a 90, 100, 110 e 120°C estão descritos da tabela 5.

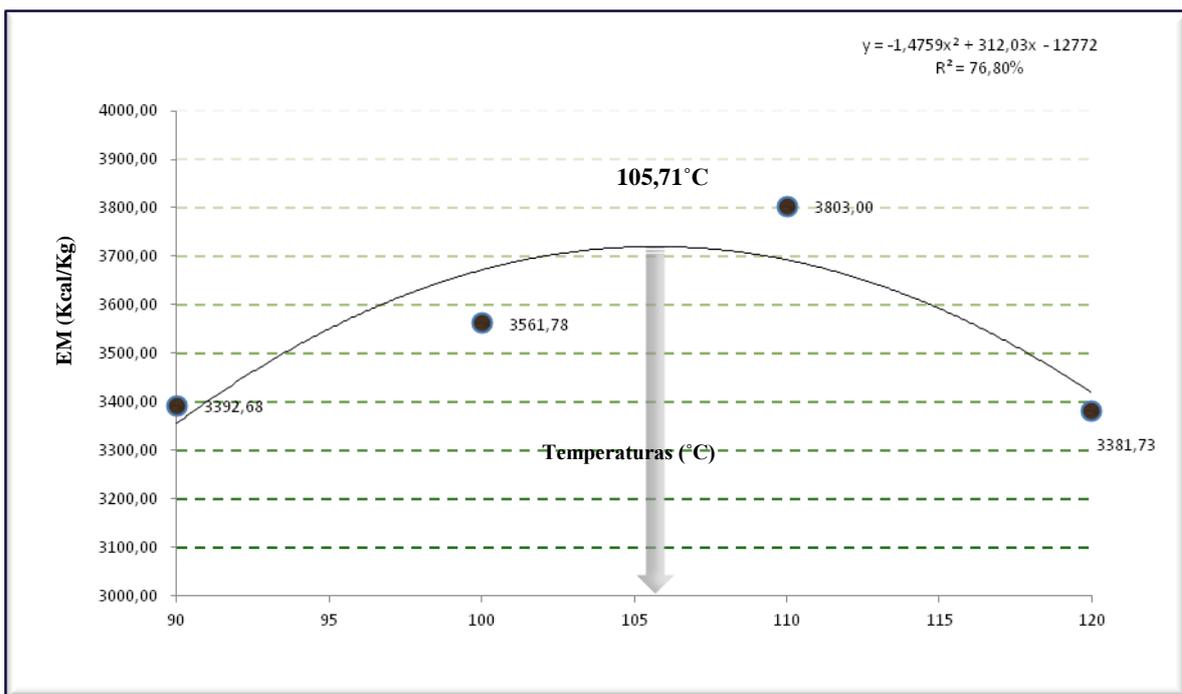
**Tabela 5.** Valores da energia metabolizável (EM) e energia metabolizável aparente corrigida (EMn) da soja semi integral nas diferentes temperaturas de extrusão.

Temp. de extrusão (°C)	EMA (Kcal/Kg)	CV (%)	EMAn (Kcal/Kg)	CV (%)
90	3392,68 a	3,71	3072,68 a	3,68
100	3561,78 b	5,05	3261,78 b	4,57
110	3803,67 c	6,68	3506,78 c	6,60
120	3381,73 a	4,40	3052,73 a	3,80

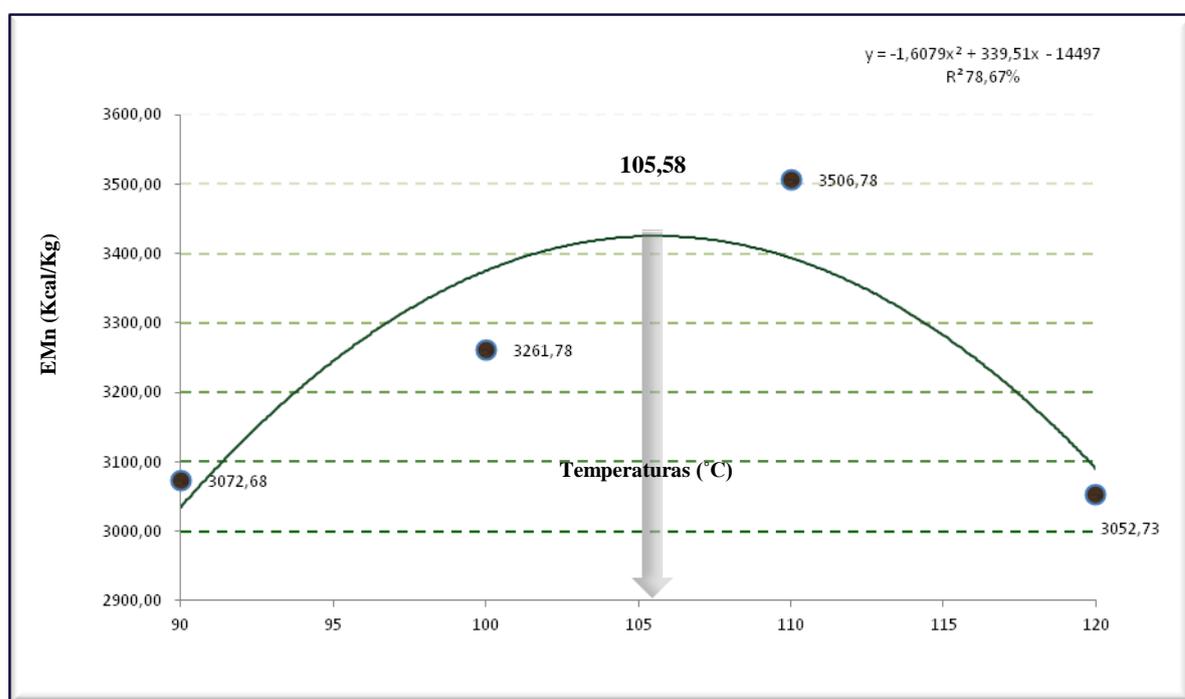
<sup>a, b</sup> Médias seguidas por letras distintas da mesma coluna são diferentes pelo teste Student-Newman-Keul's (P<0,05)

De acordo com as análises de regressão, os valores de EM e EMAn foram significativamente influenciadas pelos tratamentos da soja semi-integral a 90, 100, 110 e 120°C.

Foi verificado efeito quadrático (P<0,05) entre as temperaturas de extrusão da soja semi-integral e as EMA e EMAn, sendo que as melhores temperaturas de extrusão estimadas para EMA e EMAn foram de 105,71 e 105,58°C respectivamente, para os valores de 3720,09 Kcal/Kg para EMA e 3424,99 Kcal/Kg para EMAn (Figuras 10 e 11).



**Figura 10.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral na energia metabolizável



**Figura 11.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral na energia metabolizável aparente corrigida

Os valores obtidos neste experimento para energia metabolizável da soja semi-integral extrusada de 3424,99 Kcal/Kg para EMAn diferem dos valores descritos por Rostagno et al. (2011) que obtiveram resultados de 2811 kcal/Kg para EMAn esta diferença pode ser

atribuída ao valor de extrato etéreo de 8,32% comparado ao obtido na SSIE utilizada neste experimento de 12% de extrato etéreo.

Valores de EMAn semelhantes ao encontrado neste experimento foram descritos por Thomaz et al (2010), no entanto, deve-se atentar para o processo em que foi submetido o produto haja vista que além de variações da temperatura de extrusão também podem haver diferenças na extração de óleo da SSIE o que interfere diretamente na energia metabolizável do produto.

As diferentes energias metalizáveis encontradas neste trabalho estão relacionadas os diferentes tipos de processamentos que conferem à soja extrusada características nutricionais que se distinguiram principalmente no teor de energia metabolizável. Sendo que na formulação de rações para aves utilizando-se soja processada termicamente, devem-se considerar as diferenças na energia metabolizável, em função das temperaturas e processos envolvidos (Freitas et al., 2005)

Nunes et al (2015) estudando a composição nutricional e energética da soja integral desativada para aves concluíram que as variações observadas quanto à composição química das diferentes sojas ocorrem devido principalmente a pouca padronização no processamento térmico empregado isto pode explicar esta variação encontrada neste experimento.

Costa et al. (2013) relataram que existem muitas variações nos valores nutricionais das sojas extrusadas uma vez que não existe padronização de temperatura, tempo, umidade e pressão. Sendo assim, os coprodutos da soja podem ser processados indevidamente.

Borges et al. (2003) relataram em seus estudos que a variabilidade de resultados zootécnicos que ocorre para um mesmo processo de extrusão indica a importância da padronização individual e particular para cada equipamento.

Os valores encontrados de EMA e EMAn para a SSIE sofreram interferência negativa tanto para as temperaturas de extrusão acima de 105,71 e 105,58°C respectivamente como abaixo destas temperaturas.

Segundo Germany et al. (1992) a passagem do amido dos grãos por processo de extrusão, em temperaturas moderadas, proporciona sua hidrolização devido os efeitos do calor, pressão e umidade, o que facilita sua digestão enzimática. Quanto à proteína, este mesmo autor relatou um aumento de sua digestibilidade nos alimentos extrusados, pois a modificação na sua estrutura terciária provoca uma redução no tempo de hidrólise no intestino das aves. Portanto, o aumento da digestibilidade do amido, e maior digestibilidade das proteínas podem ter sido responsáveis pelo aumento da EMA e EMAn da soja semi-integral extrusada.

Por outro lado o calor excessivo durante os tratamentos hidrotérmicos é causa de significativas perdas nutricionais conforme relataram Mendes et al. (2004) em função da reação de Maillard, na qual há interação de aminoácidos com açúcares redutores que se combinam-se com o grupo épsilon da lisina, formando produtos indisponíveis aos processos digestivos, ao passo que temperaturas baixas de extrusão mantém os fatores antinutricionais da soja.

No presente experimento os melhores valores de energia metabolizável e energia metabolizável aparente corrigida foram obtidos nas temperaturas de extrusão da soja semi-integral em cujos valores de atividade de uréase e solubilidade proteica foram de 0,12 a 0,1 ΔpH e 90,01 a 81,43%. Estes valores de atividade de uréase e solubilidade proteica estão dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pelo Compendio Brasileiro de Nutrição Animal, Sindirações (2013).

No entanto para as temperaturas de extrusão abaixo de 105,58°C foram observados valores de atividade de uréase e solubilidade proteica que indicam subprocessamento da SSIE, sendo encontrados também os menores valores de EMA e EMAn confirmando que o subprocessamento da SSIE prejudicaram os valores de EMA e EMAn.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os valores de EMA e EMAn foram influenciadas significativamente pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral.

Os maiores valores de EMA (3720,09 Kcal/ Kg) e de EMAn (3424,99 Kcal/Kg) foram obtidos com a temperatura de extrusão da soja semi-integral de aproximadamente 105,6°C.

## **CAPÍTULO II**

### **CONTEÚDO EM AMINOÁCIDO TOTAL E DIGESTÍVEL VERDADEIRO DA SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS PARA FRANGOS DE CORTE**

## RESUMO

LIMA, Marcos Fabio. **Conteúdo em aminoácido total e digestível verdadeiro da soja semi-integral extrusada em diferentes temperaturas para frangos de corte.** 2016. 89p Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ. Foram utilizados 300 frangos de corte machos de 16 a 21 dias de idade da linhagem Cobb. As aves foram alojadas do primeiro ao décimo terceiro dia de idade em boxes com dimensões de dois metros de comprimento por um metro e cinquenta centímetro de largura. Neste período as aves receberam dieta inicial formulada de forma a atender as recomendações. Aos 13 dias de idade foram transferidas para as baterias metálicas. Quando as aves completaram 16 dias de idade iniciou-se o fornecimento das rações experimentais até aos 21 dias de idade das aves. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições e 10 aves por repetição. Os tratamentos estudados foram: dieta com soja semi-integral extrusada (SSIE) a 90°C; dieta com SSIE a 100°C; dieta com SSIE a 110°C e dieta com SSIE a 120°C. Para permitir a determinação das perdas endógenas e cálculo do coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos, foi mantido um grupo de frangos, distribuídos da mesma forma que os tratamentos, no que se refere ao número de repetições e número de aves por repetição, recebendo apenas a dieta livre de proteína (DLP), não sendo este objeto de análise estatística. O período experimental teve a duração de cinco dias para adaptação das aves as rações experimentais, de modo que aos 21 dias de idade todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical e imediatamente disseccionadas para a obtenção da digesta da porção do íleo terminal, sendo a cinco centímetros da junção íleo-cecocolica até 40 cm em direção anterior ou em direção ao jejuno. Foram realizadas análises das digestas e dietas bem como da SSIE nas diferentes temperaturas para a obtenção dos valores de aminoácidos totais, coeficientes de digestibilidade verdadeiro dos aminoácidos e aminoácidos digestíveis verdadeiros. Os valores de aminoácidos digestíveis e coeficientes de digestibilidade verdadeiros foram influenciados pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral. As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de coeficiente de digestibilidade verdadeiro foram de 117,72°C para lisina, 114,40°C para metionina e 107,37°C para cistina. As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de digestibilidade de aminoácido verdadeiro foram de 112,12°C para lisina, 107,14°C para metionina, 106,11°C para cistina, 111,77 para arginina e 112,25 para serina.

**Palavras-chave:** Soja semi-integral extrusada. Aminoácidos totais. Aminoácidos digestíveis.

## ABSTRACT

LIMA, Marcos Fabio. **Content in true full amino acid and digestible extruded semi-whole soybean at different temperatures for broilers**. 2016. 89p Thesis (Doctor Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The experiment was conducted at the Poultry Research Center IFRJ. Were used 300 male broilers 16-21 days of age Cobb. The birds were housed from first to thirteen days of age in boxes with dimensions of two meters long by one meter and fifty centimeters wide. During this period the birds received the diets formulated to meet the recommendations. At 13 days of age were transferred to the metal batteries. When the birds reached 16 days of age began supplying the experimental diets until 21 days of age of the birds. Birds were distributed in a completely randomized design with five treatments and six replications and 10 birds per repetition. Os treatments were: diet with extruded semi-whole soybean (SSIE) at 90 ° C; diet with SSIE at 100 ° C; diet with SSIE to 110 ° C and diet with SSIE 120°C. To allow the determination of endogenous losses and calculation of the true digestibility of amino acids, one was kept group of broilers spread in the same way that the treatments with regard to the number of repetitions and the number of birds per replicate only receiving the protein-free diet (DLP), which is not subject to statistical analysis. The trial lasted five days for adaptation of birds the experimental diets, so that at 21 days of age all birds of each replicate were slaughtered by cervical dislocation and immediately disseccionadas to obtain the digest of the terminal ileum portion, and to five centimeters from the ileo-cecocolica junction to 40 cm in the anterior direction or toward the jejunum. Were performed analyzes of digests and diets as well as SSIE at different temperatures to obtain the total amino acid values, true tract digestibility coefficients of amino acids and true digestible amino acids. The digestible amino acid values and true digestibility coefficients were influenced by the extrusion temperature of the semi-integral soybean. The best extrusion temperatures of the semi-estimated for the whole soybean true digestibility coefficient values were 117.72°C to lysine, methionine and 114.40°C 107,37°C to cystine. The best extrusion temperatures of the semi-integral soybean estimated for the real amino acid digestibility figures were 112.12°C to lysine, methionine 107.14°C, 106.11°C to cystine, arginine 111.77 112.25 and serine.

**Keywords:** Extruded semi-whole soybean. Total amino acid. Digestible amino acids.

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo da composição nutricional dos alimentos é fundamental na moderna nutrição, sobretudo com o advento dos novos ingredientes como é o caso da soja semi-integral extrusada, que vem sendo utilizados na alimentação de frangos de corte. O conhecimento da composição nutricional permite estimar as quantidades exatas de nutrientes, em especial a de aminoácidos, presentes nos alimentos e o quanto estão disponíveis para o uso animal, permitindo assim, formular dietas com base em aminoácidos digestíveis.

Existem poucas pesquisas, sobre coeficiente de digestibilidade de aminoácidos, bem como de aminoácidos digestíveis para a soja semi-integral extrusada. Esta escassez pode ser compreendida uma vez que refere-se a um ingrediente recente na nutrição de frangos de corte quando comparado ao farelo de soja.

O conhecimento das interações entre a temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade de seus aminoácidos torna-se necessário uma vez que a utilização deste ingrediente apresenta-se como opção viável economicamente em substituição ao farelo de soja como fonte de proteínas, principalmente em fábricas de rações distantes de empresas processadoras de soja e seus produtos.

Assim justifica-se a realização deste experimento que objetiva elucidar melhor a interferência da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre o coeficiente de digestibilidade e aminoácidos digestíveis para frangos de corte.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética para uso de animais (CEUA - IZ) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo processo no 007756/2014, e está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e com a legislação vigente, tendo sido aprovado em: 03/11/2014.

Este experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas Avícolas do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Pinheiral.

### **2.1 Animais, Instalações e Manejo**

Foram utilizados 300 frangos de corte machos de 16 a 21 dias de idade da linhagem Cobb. As aves foram alojadas do primeiro ao décimo terceiro dia de idade em boxes com dimensões de dois metros de comprimento por um metro e cinquenta centímetro de largura (2,0 X 1,5 metros), onde foram alojadas 10 aves/ m<sup>2</sup> em galpão Climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas (CPA) - IFRJ Campus Pinheiral . Neste período as aves receberam dieta inicial formulada de forma a atender as recomendações de Rostagno et al. (2011), conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição percentual e química da dieta inicial

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho (7,5%)	52,000
Farelo de soja (45,60%)	41,000
Óleo de soja	2,620
Fosfato bicálcico	2,050
Calcário calcítico	0,900
Cloreto de sódio	0,550
DL-metionina	0,350
L-lisina HCl	0,210
L-treonina	0,060
Suplemento vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,100
Cloreto de colina	0,050
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>	
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2960,000
Proteína bruta (%)	22,900
Cálcio (%)	0,960
Fósforo disponível (%)	0,490
Sódio	0,220
Lisina total (%)	1,410
Lisina digestível (%)	1,305
Metionina total (%)	0,690
Metionina digestível (%)	0,660
Metionina+Cistina total (%)	1,050
Metionina+Cistina digestível (%)	0,960
Treonina total (%)	0,960
Treonina digestível (%)	0,840
Triptofano total (%)	0,290
Triptofano digestível (%)	0,260
Ácido linoleico	2,740

<sup>1</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>2</sup> Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g; enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g.

<sup>3</sup> Antioxidante Beta Hidroxi-butil Tolueno (BHT)

O programa de luz contínuo 24 horas (natural mais artificial) foi adotado durante todo o período e o aquecimento dos pintos foi realizado através de aquecedor automático a gás modelo ARCOTHERN GA110, que aqueceu todo o ambiente interno do galpão experimental.

Aos 13 dias de idade foram transferidas para as baterias metálicas com 765 cm<sup>2</sup> de área (90 cm de largura, 85 cm de comprimento e 40 cm de altura) totalizando 30 gaiolas. Cada gaiola era provida de um bebedouro e um comedouro tipo calha. As baterias estavam dispostas no galpão climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ.

Aos 16 dias de idade iniciou-se o fornecimento das rações experimentais até aos 21 dias de idade das aves.

## **2.2 Delineamento Experimental**

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições e 10 aves por repetição totalizando 60 frangos por tratamento.

Os tratamentos estudados foram:

T1 – Dieta com soja semi-integral extrusada (SSIE) a 90°C;

T2 – Dieta com soja semi-integral extrusada (SSIE) a 100°C;

T3 – Dieta com soja semi-integral extrusada (SSIE) a 110°C;

T4 – Dieta com soja semi-integral extrusada (SSIE) a 120°C.

Para permitir a determinação das perdas endógenas e cálculo do coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos, foi mantido um grupo de frangos, distribuídos da mesma forma que os tratamentos, no que se refere ao número de repetições e número de aves por repetição, recebendo apenas a dieta livre de proteína (DLP), não sendo este objeto de análise estatística.

## **2.3 Dietas Experimentais**

Do décimo sexto dia ao vigésimo primeiro dia de vida as aves receberam as dietas experimentais. As exigências nutricionais das aves foram estabelecidas de forma a atender as recomendações Rostagno et al, (2011) exceto para a proteína e aminoácidos. Para a determinação do coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos foram utilizadas duas dietas, uma contendo o alimento teste (soja semi-integral extrusada nas temperaturas de 90, 100, 110 e 120°C) e outra sem aminoácidos (dieta livre de proteína DLP), conforme descrito por Sakomura (2007).

Foram adicionadas as rações experimentais 0,5% de óxido crômico como indicador para permitir o cálculo do fator de indigestibilidade das dietas estudadas. A dieta teste e a DLP podem ser observadas na tabela 2

**Tabela 2.** Composição percentual e química da dieta experimental contendo soja semi-integral extrusada (SSIE) nas temperaturas de 90, 100, 110 e 120°C e da dieta livre de proteína (DLP)

<b>Ingredientes</b>	<b>Dieta com SSIE<sup>1</sup></b>	<b>Dieta livre de proteína</b>
Soja semi integral extrusada	54,700	-
Amido	28,290	78,200
Óleo de soja	5,000	5,000
Casca de arroz	5,000	5,000
Calcário calcítico	1,500	1,000
Cloreto de sódio	0,450	0,440
Fosfato bicálcico	1,800	2,100
Açúcar	-	5,000
Areia lavada	2,500	2,500
Oxido de cromo	0,500	0,500
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100
Cloreto de colina	0,050	0,050
Antioxidante <sup>4</sup>	0,010	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>		
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	3218,000	3385,000
Proteína bruta (%)	23,690	0,000
Cálcio (%)	1,000	0,820
Fósforo disponível (%)	0,480	0,390
Sódio	0,190	0,180
Lisina total (%)	1,460	0,000
Lisina digestível (%)	1,320	0,000
Metionina total (%)	0,320	0,000
Metionina digestível (%)	0,290	0,000
Metionina+Cistina total (%)	0,670	0,000
Metionina+Cistina digestível (%)	0,580	0,000
Treonina total (%)	0,930	0,000
Treonina digestível (%)	0,820	0,000
Triptofano total (%)	0,340	0,000
Triptofano digestível (%)	0,310	0,000
Arginina total (%)	1,740	0,000
Arginina digestível (%)	1,630	0,000

<sup>1</sup> Dieta contendo SSIE a 90, 100, 110 e 120°C. <sup>2</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>3</sup> Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g; enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g.

<sup>4</sup> Antioxidante Beta Hidroxi-butil Tolueno (BHT)

## 2.4 Temperatura Interna do Galpão Experimental

O galpão experimental utilizado possuía sistema de controle de temperatura automático através de aquecedor a gás modelo ARCOTHERN GA110 e sistema de ventilação túnel através de exaustores de placa evaporativa adaptada através de tijolos de barro e nebulizadores externos. As temperaturas de máxima e mínima foram aferidas duas vezes por dia, as sete e às dezessete horas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Temperaturas mínima e máxima no interior galpão experimental durante o período experimental

Período	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Adaptação as gaiolas <sup>1</sup>	26,0°C	28,0°C
Adaptação as dietas <sup>2</sup>	24,0°C	26,0°C

<sup>1</sup> Período de adaptação das aves de 13 a 15 dias de idade. <sup>2</sup> Período de fornecimento das dietas experimentais 16 a 21 dias.

## 2.5 Metodologia e Coleta de Materiais para Análises

O período experimental teve a duração de cinco dias para adaptação das aves as condições e as rações experimentais (Figura 1), de modo que aos 21 dias de idade todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical e imediatamente dissecionadas para a obtenção da digesta da porção do íleo terminal, sendo a cinco centímetros da junção íleo-cecocolica até 40 cm em direção anterior ou em direção ao jejuno de acordo o protocolo descrito por Sakomora et al. (2007) (Figuras 2 e 3).

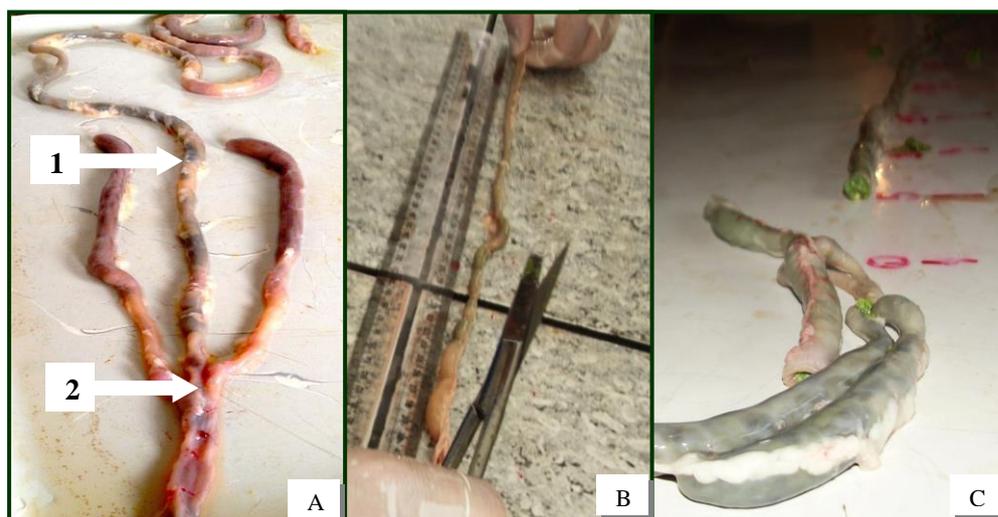
O íleo foi seccionado transversalmente e seu conteúdo foi retirado e colocado dentro de copo plástico devidamente identificado (Figura 4). O conteúdo presente no segmento amostrado foi totalmente retirado por pressionamento com o dedo indicador e o polegar, de tal forma a garantir quantidade ideal de amostra para as análises.



**Figura 1.** Aves ingerindo dieta experimental contendo 0,5% de óxido cromo como indicador para permitir o cálculo do fator de indigestibilidade das dietas estudadas



**Figura 2.** Procedimento de retirada do trato intestinal, íleo, através de incisão na cavidade celomática das aves



**Figura 3.** A: 1 – Íleo, 2- Junção íleo-cecóclica. B: Preparação para secção do íleo a cinco centímetros da junção íleo-cecóclica até 40 cm em direção ao jejuno. C: secção do íleo para a coleta da digesta



**Figura 4.** Digesta ileal sendo coletada e armazenada em recipiente de plástico para análises

As dietas e as digestas foram acondicionadas em embalagens plásticas devidamente identificadas e armazenadas em freezer para que as amostras não sofressem ação bacteriana, o que poderia alterar o teor de aminoácidos.

Após este período foi realizada a pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C, por um período de 72 horas. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 1mm. As amostras das rações experimentais também foram moídas para subsequente análises de matéria seca, de proteína, de aminoácidos e de cromo.

As análises químicas das SSIE nas diferentes temperaturas, digestas e das dietas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, utilizando-se as metodologias descritas por Silva (2002). A análise do cromo foi realizada no Laboratório CBO, segundo metodologia descrita pela AOAC (1995). As análises de aminoácidos foram realizadas pela empresa Adisseo Corporation por meio de cromatografia líquida de alta performance (HPLC), segundo metodologia descrita pela AOAC (1995).

Os coeficientes de digestibilidade ileal foram obtidos com base nos resultados das análises dos aminoácidos (AA) e do indicador óxido crômico (Cr), os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIap) e verdadeira (CDIv) dos aminoácidos das dietas foram determinados de acordo Sakamura & Rostagno (2007) utilizando se as formulas abaixo:

Fator de Indigestibilidade 1 (FI 1) = Cr dieta /Cr digesta

Falor de Indigestibilidade 2 (FI 2) = Cr dieta DLP / Cr digesta DLP

$$CDIap = \frac{AA \text{ dieta } (\%) - (AA \text{ digesta } (\%) \times FI 1)}{AA \text{ dieta}} \times 100$$
$$CDIv = \frac{AA \text{ dieta } (\%) - (AA \text{ digesta } (\%) \times FI1) - (AA \text{ digesta DLP} \times FI2)}{AA \text{ dieta}} \times 100$$

Os aminoácidos avaliados foram: metionina, cistina, lisina, treonina, arginina, isoleucina, leucina, valina, fenilalanina, alanina, prolina, serina, tirosina, glicina, ácido aspártico e ácido glutâmico.

## 2.6 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análises estatísticas utilizando o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2003). Foi realizada a análise de variância (ANOVA), na qual o efeito quantitativo principal (temperatura de extrusão da soja) foi estudado por análises de regressão. A temperatura ótima de extrusão foi estimada, quando possível, pelo estudo do modelo quadrático

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de aminoácidos totais da soja semi-integral extrusada nas temperaturas de 90, 100, 110 e 120°C podem ser observados na tabela 3.

**Tabela 3.** Valores dos aminoácidos totais da soja semi-integral extrusada (SSIE) submetida às temperaturas de extrusão de 90, 100, 110 e 120°C. Expresso em percentual com base na matéria natural

Aminoácido	SSIE 90°C	SSIE 100°C	SSIE 110°C	SSIE 120°C	CV(%)
Ácido aspártico	4,76	4,84	4,58	4,62	2,58
Ácido glutâmico	7,46	7,61	7,45	7,29	1,75
Alanina	1,82	1,87	1,86	1,81	1,60
Arginina	2,93	3,04	3,03	2,93	2,04
Cistina	0,74	0,72	0,70	0,63	6,86
Fenilalanina	2,11	2,17	2,16	2,10	1,64
Glicina	1,78	1,82	1,83	1,76	1,84
Isoleucina	1,97	2,04	2,02	1,95	2,11
Leucina	3,09	3,19	3,18	3,04	2,31
Lisina	2,59	2,64	2,58	2,47	2,79
Metionina	0,33	0,33	0,33	0,30	4,65
Metionina + cistina	1,07	1,05	1,03	0,93	6,10
Prolina	2,10	2,15	2,16	2,10	1,50
Serina	2,05	2,09	2,09	2,01	1,86
Tirosina	1,50	1,53	1,48	1,44	2,54
Treonina	1,63	1,66	1,62	1,58	2,04
Valina	2,20	2,27	2,26	2,16	2,33
Proteína bruta	40,59	41,41	40,76	40,01	1,42

CV(%): Coeficiente de variação

Os valores de lisina, treonina, e leucina totais encontrados nas SSIE nas diferentes temperaturas estão de acordo com dos valores por Rostagno (2011). Os valores de valina, isoleucina, fenilalanina, glicina e serina totais encontrados foram superiores aos valores descritos por Rostagno (2011), já os valores de metionina e cistina totais estão abaixo do descrito nas tabelas brasileiras.

Os valores glicina, isoleucina e lisina foram semelhantes aos descritos por Scottá et al. (2013) sendo que a serina, prolina ácido glutâmico, fenilalanina, leucina, arginina e metionina foram menores e superiores para cistina, ácido aspártico, alanina, valina e treonina.

Estas variações da SSIE podem ter ocorrido em função das diferentes temperaturas de extrusão, enquanto que tantos os valores obtidos por Rostagno (2011) como Scottá et al. (2013), a SSIE foi submetida a apenas uma temperatura de extrusão.

Costa et al. (2013) relataram que existem muitas variações nos valores nutricionais das sojas extrusadas uma vez que não existe padronização de temperatura, tempo, umidade e pressão das empresas fornecedoras destes ingrediente, isto explica a variação dos valores encontrados.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeiro (CDV) dos aminoácidos da soja semi-integral extrusada nas temperaturas de 90, 100, 110 e 120°C podem ser observados na tabela 4.

**Tabela 4.** Coeficiente de digestibilidade verdadeiro (CDV) (%) dos aminoácidos da soja semi-integral extrusada (SSIE) submetida às temperaturas de extrusão de 90, 100, 110 e 120°C. Expresso em percentual com base na matéria natural

Aminoácido	SSIE 90°C	SSIE 100°C	SSIE 110°C	SSIE 120°C	CV(%)	R <sup>2</sup>
Ácido Aspártico	81,73 a	82,36a	90,75b	92,58b	4,78	83,36
Ácido Glutâmico	82,34a	83,5a	90,83b	91,35b	3,73	87,35
Alanina	69,37a	73,52a	82,12b	84,2b	7,06	95,21
Arginina	81,55a	88,01b	91,76c	93,25c	3,03	92,45
Cistina	42,25a	60,26b	80,68c	53,28b	8,50	83,92
Fenilalanina	70,57a	78,68b	84,90c	88,53c	4,71	97,28
Glicina	64,62a	69,79a	79,63b	82,85b	7,25	96,59
Isoleucina	66,67a	74,87b	75,6b	86,48c	7,29	91,30
Leucina	68,9a	74,83b	82,46c	86,24c	5,51	98,51
Lisina	63,52a	69,85a	85,33b	81,02b	9,40	86,09
Metionina	76,65a	83,88b	91,53b	89,07b	6,39	95,74
Prolina	79,44a	82,33b	91,34c	94,01c	2,74	94,68
Serina	69,65a	74,08ab	83,58b	81,43b	9,29	80,24
Tirosina	71,26a	82,94b	86,98bc	90,92c	4,10	91,76
Treonina	63,2a	69,75ab	78,38b	78,86b	11,92	91,46
Valina	66,01a	72,86a	73,25a	85,05b	8,16	88,19
Aminoácidos totais	73,44a	78,0a	85,74b	87,8b	5,15	95,92

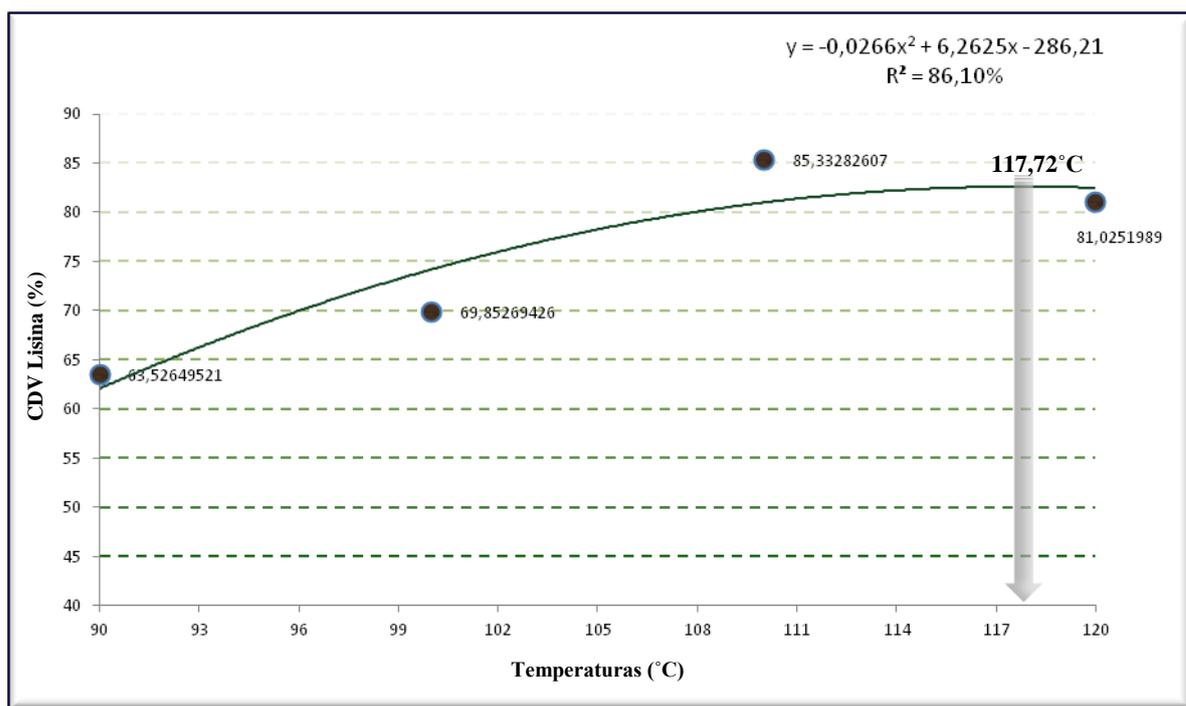
<sup>a, b, c</sup>: Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste Student-Newman-Keul's (P<0,05). CV(%): Coeficiente de variação. R<sup>2</sup>: Regressão

De acordo com as análises de regressão, todos os CDV dos aminoácidos estudados foram significativamente influenciados pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral extrusada.

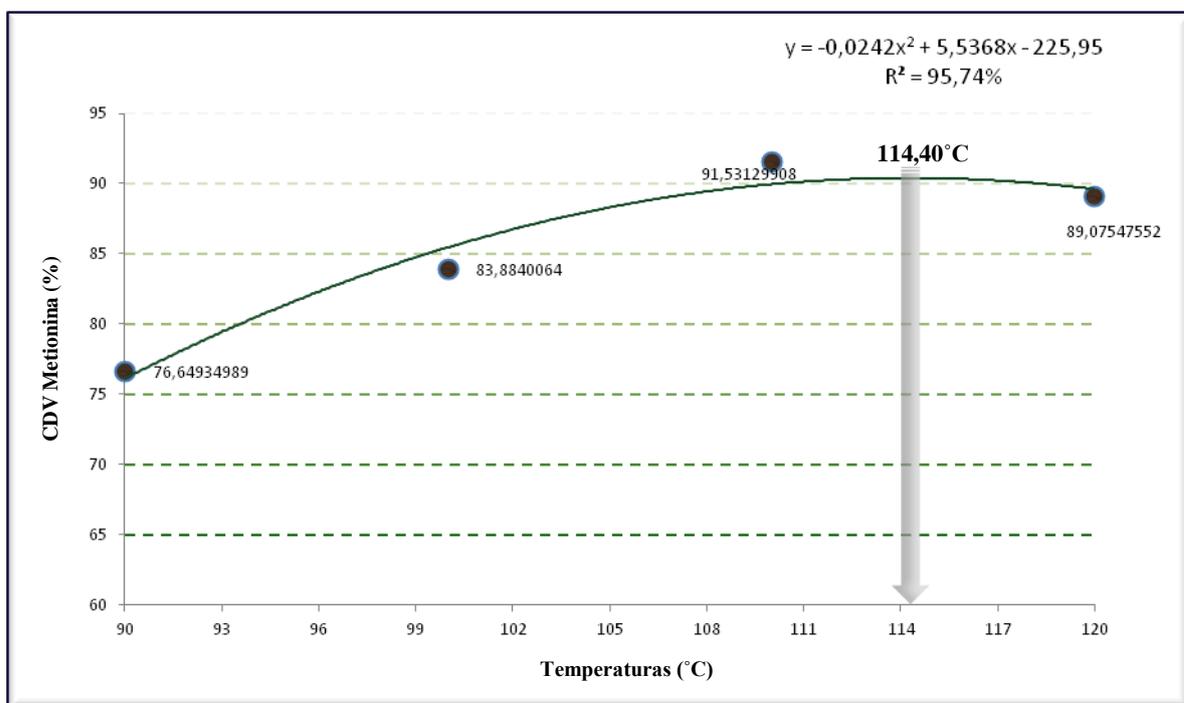
Foram verificados efeitos quadráticos (P<0,05) (tabela 5) para os CDV da lisina, metionina e cistina, sendo que as melhores temperaturas de extrusão estimadas foram de: 117,72; 114,40 e 107,37°C respectivamente para os CDV de 82,38; 90,75 e 74,07 respectivamente, conforme podem ser observados nas figuras 5, 6 e 7.

**Tabela 5.** Equações de regressão com efeito quadrático para coeficientes de digestibilidade verdadeiro dos aminoácidos estudados na soja semi-integral extrusadas em diferentes temperaturas

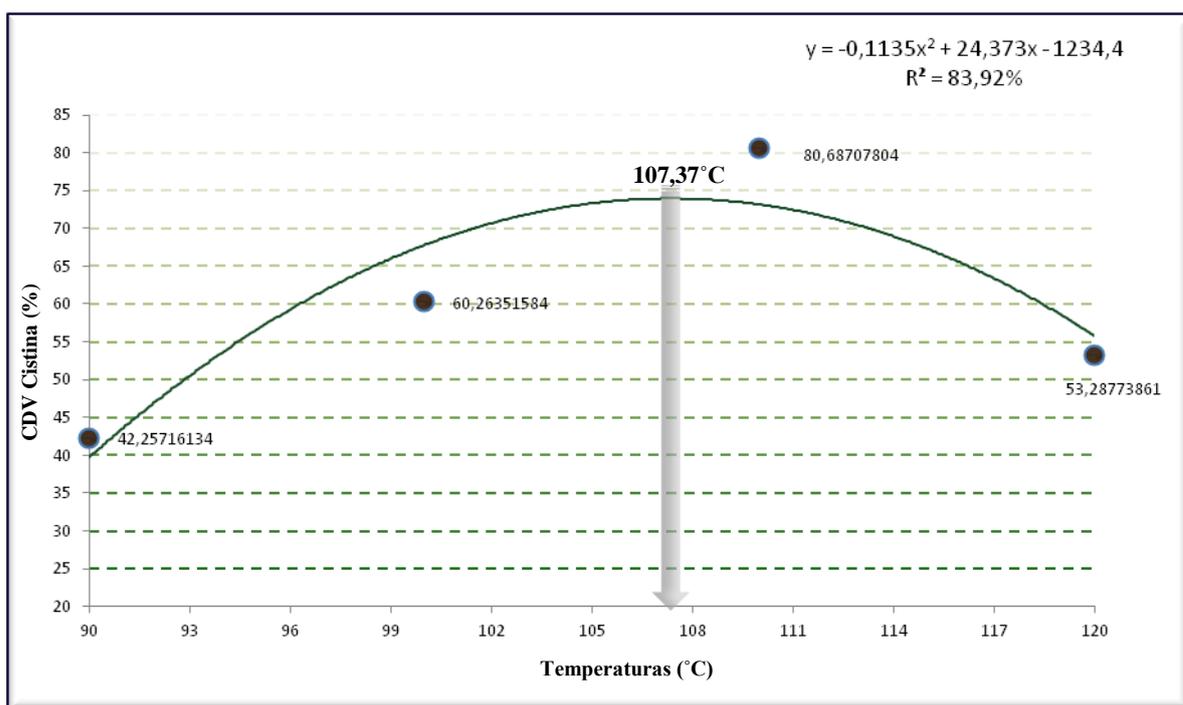
Aminoácido	Equação de Regressão	R <sup>2</sup> (%)
Lisina	$Y = -0,0266 X^2 + 6,265X - 286,21$	86,10
Metionina	$Y = -0,0242 X^2 + 5,5368X - 225,95$	95,74
Cistina	$Y = -0,1135 X^2 + 24,373X - 1234,4$	83,92



**Figura 5.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre o coeficiente de digestibilidade verdadeira da lisina



**Figura 6.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre o coeficiente de digestibilidade verdadeira da metionina



**Figura 7.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre o Coeficiente de digestibilidade verdadeira da cistina

Temperaturas de extrusão da soja semi-integral acima de 117,72°C para lisina bem como de 114,40°C para a metionina e 107,37°C para cistina interferiram negativamente no CDV destes aminoácidos, o mesmo aconteceu para a EMA e EMAn quando a soja foi submetida a temperaturas acima de 105,58°C como pode ser observado na figura 11 do capítulo II desta tese. A temperatura de 120°C de extrusão da SSIE provavelmente desencadeou a reação de Maillard, na qual açúcares redutores combinam-se com o grupo épsilon lisina, tornando o aminoácido biologicamente indisponível para o animal (Nunes 1998).

Café et al. (2000) relataram que os diferentes tipos de processamentos da soja integral conferem características nutricionais distintas para aves, sobretudo no que se refere a digestibilidade dos aminoácidos haja vista que os aminoácidos, especialmente a lisina, treonina e metionina são sensíveis ao aquecimento a seco, isto explica os valores do CDV da metionina e lisina que tiveram redução de seus valores em temperaturas de extrusão mais altas, sendo que o processamento de extrusão utilizado no presente estudo também a seco.

Outro fator que pode ter afetado o CDV da lisina, metionina e cistina com o aumento da temperatura de extrusão deve-se a possível formação de ligações cruzadas entre as proteínas, sendo que ligações covalentes artificiais entre as cadeias de polipeptídios reduzem a digestibilidade e disponibilidade biológica dos aminoácidos, conforme relatado por Araujo (2011) sobre o fato de que o processamento térmico da soja pode levar formação de ligações cruzadas entre as proteínas.

Nunes et al. (2015) encontraram grande variação no coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais que variaram de 79,74 a 93,08% e 78,33 a 91,85% respectivamente para soja semi-integral extrusada.

Segundo Freitas et al (2005) deve-se considerar o tipo de processamento da soja extrusada bem com a temperatura de extrusão no que se refere a disponibilizar aminoácidos para as aves.

Foi verificado efeito da linear ( $P < 0,05$ ) através da análise de regressão sobre os CDV para valina, treonina, tirosina, serina, prolina, leucina, isoleucina, glicina, fenilalanina, arginina, alanina, ácido glutâmico, ácido aspártico e aminoácidos totais, ou seja, a temperatura de extrusão da soja semi-integral interferiu positivamente e de forma linear para o aumento do CDV destes aminoácidos, conforme tabela 6.

**Tabela 6.** Equações de regressão com efeito linear para coeficientes de digestibilidade verdadeiro dos aminoácidos estudados na soja semi-integral extrusadas em diferentes temperaturas

<b>Aminoácido</b>	<b>Equação de Regressão</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>
Ácido Aspártico	$Y = 0,3968 X + 45,193$	83,36
Ácido Glutâmico	$Y = 0,3437 X + 50,919$	87,35
Alanina	$Y = 0,531 X + 21,553$	95,21
Arginina	$Y = 0,3884 X + 47,857$	92,45
Fenilalanina	$Y = 0,601 X + 17,565$	97,28
Glicina	$Y = 0,6454 X + 6,4611$	96,59
Isoleucina	$Y = 0,602 X + 12,712$	91,30
Leucina	$Y = 0,5963 X + 15,498$	98,51
Prolina	$Y = 0,5268 X + 31,469$	94,68
Serina	$Y = 0,4485 X + 30,099$	80,24
Tirosina	$Y = 0,63 X + 16,879$	91,76
Treonina	$Y = 0,556 X + 14,17$	91,46
Valina	$Y = 0,5751 X + 13,913$	88,19
Aminoácidos totais	$Y = 0,5081 X + 27,898$	95,92

O aumento linear do CDV dos aminoácidos valina, treonina, tirosina, serina, prolina, leucina, isoleucina, glicina, fenilalanina, arginina, alanina, ácido glutâmico, ácido aspártico pode ter sido em função do que foi relatado por Café et al (2000) que a temperaturas e pressão do extrusor, promove a desnaturação das proteínas da soja e a medida que a temperatura aumenta, ocorre o rompimento das ligações iônicas, dissulfídicas, de hidrogênio e as forças de Van der Waals das proteínas. Esta desnaturação facilita a atuação das enzimas proteolíticas, favorecendo a digestão e absorção dos aminoácidos.

As maiores temperaturas de extrusão da SSIE promoveram uma maior digestibilidade da maioria dos aminoácidos, isto pode ser compreendido pelo fato de que, segundo Borges et al 2003, o baixo peso molecular das proteínas alfa globulinas que se complexam com a tripsina e quimiotripsina pancreática das aves e o elevado número de pontes de dissulfeto resultam em complexos com grande estabilidade à desnaturação térmica e que somente altas temperaturas podem inibir os fatores antitripticos.

Com a obtenção dos coeficientes de digestibilidade, juntamente com o conteúdo total dos aminoácidos da soja semi-integral processadas nas diferentes temperaturas, foi possível determinar o conteúdo verdadeiro dos aminoácidos.

Na tabela 7 estão apresentados os conteúdos digestíveis verdadeiros dos aminoácidos da soja semi-integral extrusada nas temperaturas de 90, 100, 110 e 120°C.

**Tabela 7.** Conteúdo determinado de aminoácido digestível verdadeiro (%) da soja semi-integral extrusada (SSIE) submetida às temperaturas de extrusão de 90, 100, 110 e 120°C

Aminoácido	SSIE 90°C	SSIE 100°C	SSIE 110°C	SSIE 120°C	CV(%)	R <sup>2</sup>
Ácido Aspártico	3,92a	3,96a	4,16b	4,23b	4,94	92,94
Ácido Glutâmico	6,14a	6,35a	6,77b	6,66b	3,75	78,87
Alanina	1,26a	1,37a	1,53b	1,52b	7,02	88,95
Arginina	2,39a	2,68b	2,78b	2,73b	2,96	99,96
Cistina	0,31a	0,43b	0,56c	0,34a	9,0	83,95
Fenilalanina	1,46a	1,71b	1,84c	1,86c	4,61	87,73
Glicina	1,15a	1,27b	1,46c	1,46c	7,31	90,25
Isoleucina	1,31a	1,53b	1,53b	1,69c	7,40	88,81
Leucina	2,13a	2,39b	2,62c	2,62c	5,50	88,64
Lisina	1,63a	1,84ab	2,20c	2,00bc	9,50	86,33
Metionina	0,25a	0,28a	0,30b	0,27a	6,54	83,22
Prolina	1,67a	1,77b	1,97c	1,97c	2,73	89,93
Serina	1,43a	1,55b	1,75c	1,64bc	9,34	85,95
Tirosina	1,07a	1,27b	1,29b	1,31b	4,11	73,26
Treonina	1,03a	1,16b	1,27b	1,25b	12,01	81,46
Valina	1,45a	1,65b	1,66b	1,84b	8,20	89,86
Aminoácidos totais	29,39a	31,96b	34,56c	34,34c	5,11	95,92

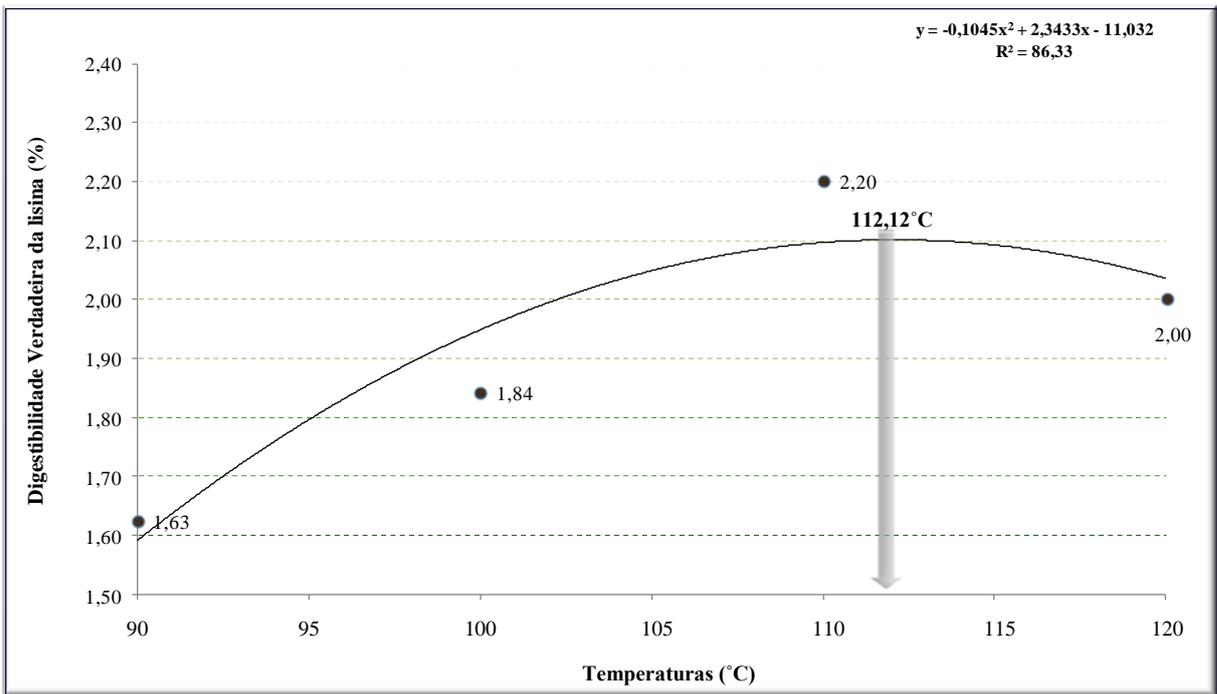
<sup>a, b, c</sup>: Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste Student-Newman-Keul's (P<0,05). CV(%): Coeficiente de variação. R<sup>2</sup>: Regressão

De acordo com as análises de regressão, todos os aminoácidos digestíveis verdadeiros da SSIE estudados foram significativamente influenciadas pelas temperaturas de extrusão.

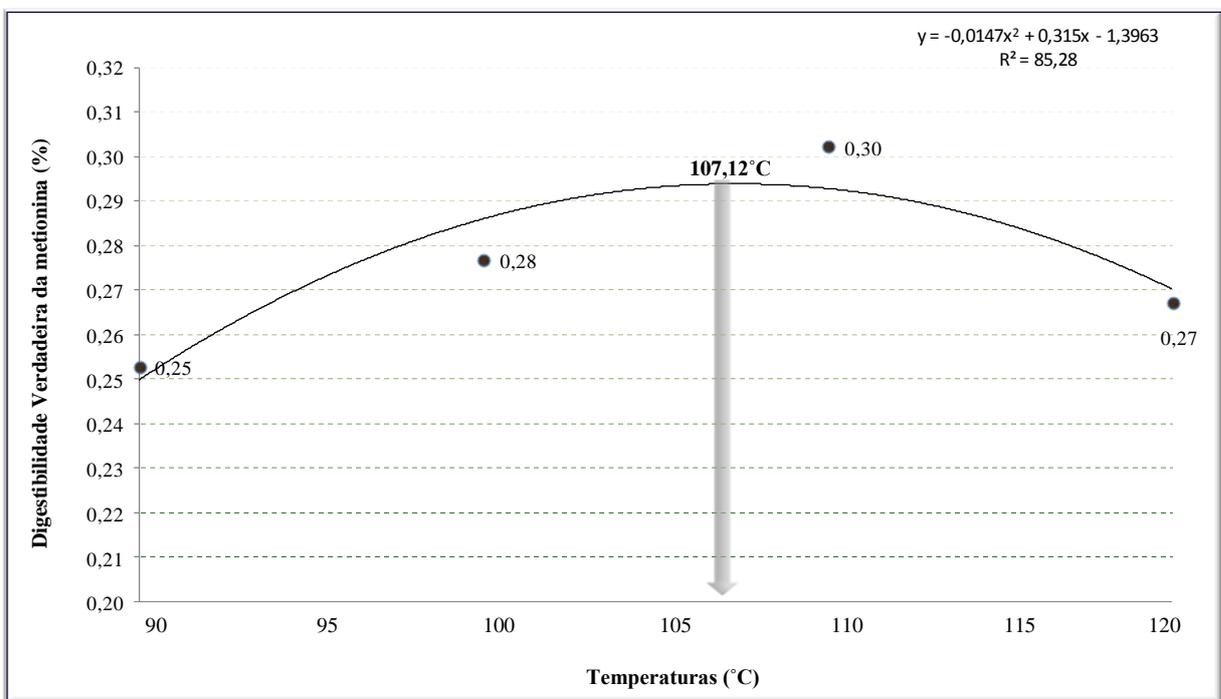
Foram verificados efeitos quadráticos (P<0,05) (tabela 8) para os aminoácidos digestíveis verdadeiros: lisina, metionina, cistina, arginina e serina, sendo que os melhores valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros da SSIE foram encontrados nas temperaturas de extrusão estimadas de: 112,12; 107,14; 106,11; 111,77 e 112,25°C respectivamente, para os valores de digestibilidade de 2,10; 0,29; 0,52; 2,79 e 1,69% respectivamente, conforme podem ser observados nas Figuras 8, 9,10,11 e 12.

**Tabela 8.** Equações de regressão com efeito quadrático para a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos estudados na soja semi-integral extrusadas em diferentes temperaturas

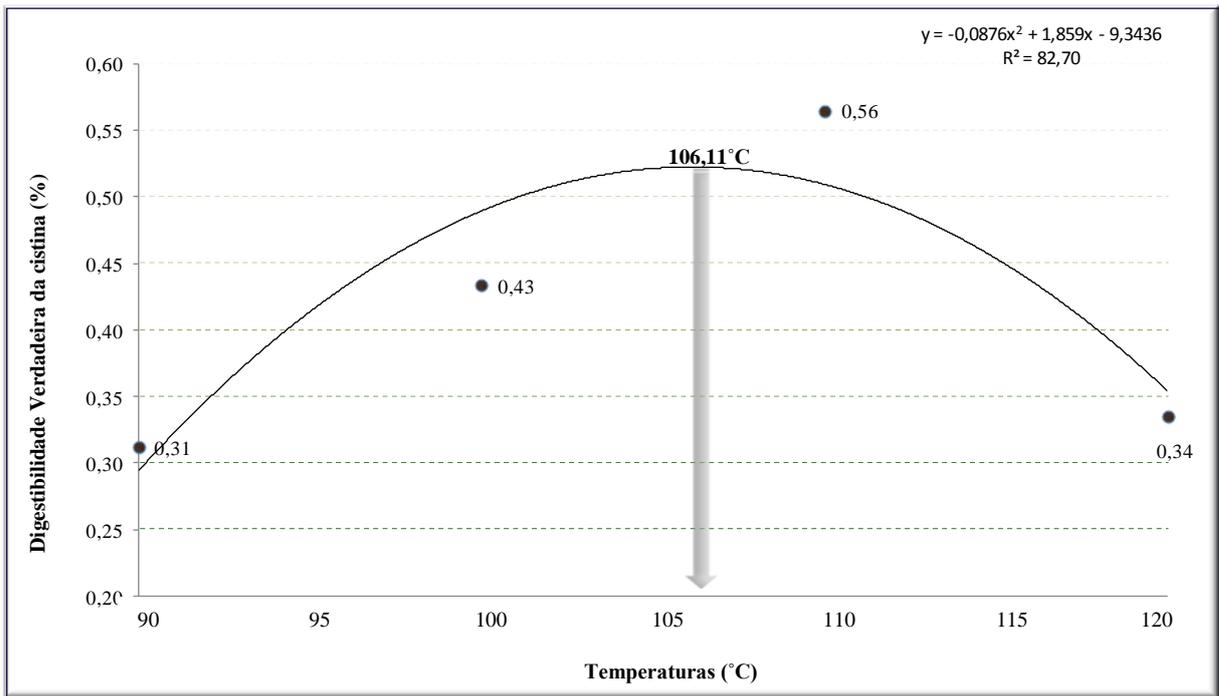
Aminoácido	Equação de Regressão	R <sup>2</sup> (%)
Lisina	$Y = -0,1045 X^2 + 2,3433X - 11,032$	86,33
Metionina	$Y = -0,0147 X^2 + 0,315X - 1,3963$	85,28
Cistina	$Y = -0,0876 X^2 + 1,859X - 9,3436$	82,70
Arginina	$Y = -0,0839 X^2 + 1,8755X - 7,6896$	99,96
Serina	$Y = -0,0576 X^2 + 1,2931X - 5,5604$	86,40



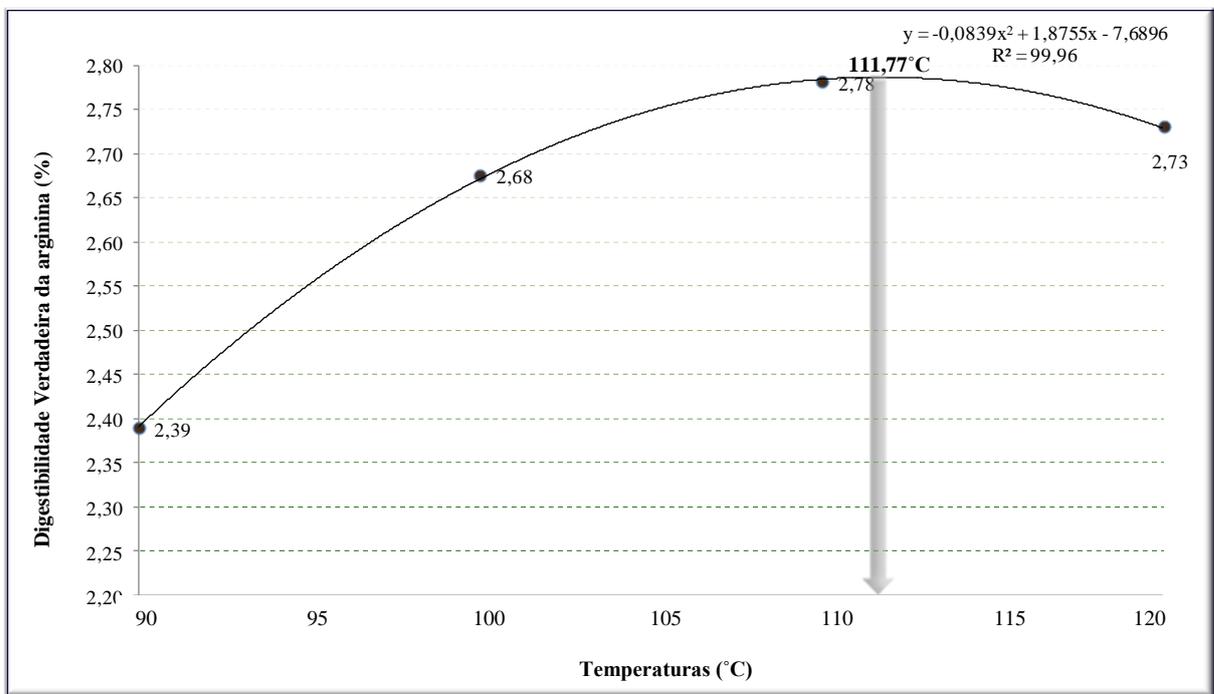
**Figura 8.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade verdadeira da lisina.



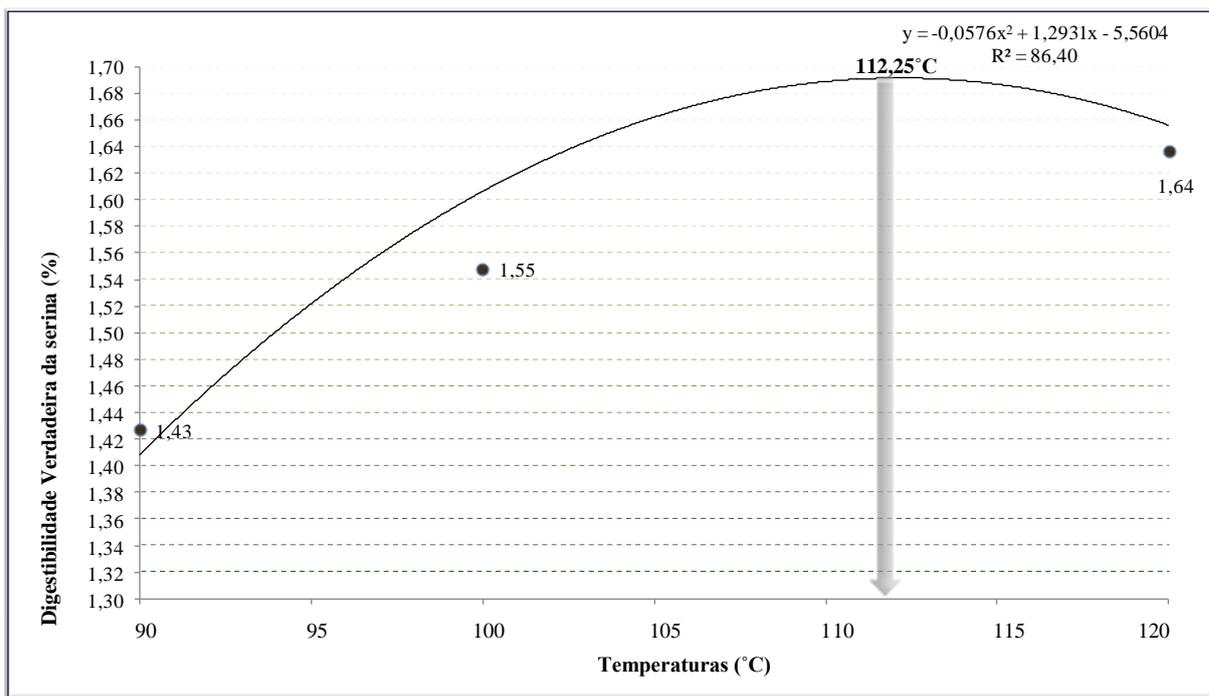
**Figura 9.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade verdadeira da metionina.



**Figura 10.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade verdadeira da cistina.



**Figura 11.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade verdadeira da arginina.



**Figura 12.** Efeito da temperatura de extrusão da soja semi-integral sobre a digestibilidade verdadeira da serina.

Foi verificado efeito linear ( $P < 0,05$ ) através da análise de regressão sobre a digestibilidade verdadeira para valina, treonina, tirosina, prolina, leucina, isoleucina, glicina, fenilalanina, alanina, ácido glutâmico, ácido aspártico e aminoácidos totais, ou seja, a temperatura de extrusão da soja semi-integral interferiu positivamente e de forma linear para o aumento da digestibilidade verdadeira destes aminoácidos, conforme tabela 9.

**Tabela 9.** Equações de regressão com efeito linear para digestibilidade verdadeira dos aminoácidos estudados na soja semi-integral extrusadas em diferentes temperaturas

<b>Aminoácido</b>	<b>Equação de Regressão</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Ácido Aspártico	$Y = 0,012 X + 2,8858$	93,09
Ácido Glutâmico	$Y = 0,0196 X + 4,419$	78,88
Alanina	$Y = 0,0094 X + 0,4382$	89,26
Fenilalanina	$Y = 0,0133 X + 0,3197$	87,56
Glicina	$Y = 0,0111 X + 0,1675$	90,13
Isoleucina	$Y = 0,0112 X + 0,3385$	89,03
Leucina	$Y = 0,0171 X + 0,6419$	98,51
Prolina	$Y = 0,0112 X + 0,6705$	89,80
Tirosina	$Y = 0,0074 X + 0,4577$	73,88
Treonina	$Y = 0,0076 X + 0,3788$	81,69
Valina	$Y = 0,0116 X + 0,4359$	90,08
Aminoácidos totais	$Y = 0,1745 X + 14,246$	86,59

## 4 CONCLUSÕES

Os valores de aminoácidos digestíveis e coeficientes de digestibilidade verdadeiros foram influenciados pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral.

As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de coeficiente de digestibilidade verdadeiro foram de 117,72°C para lisina, 114,40°C para metionina e 107,37°C para cistina.

As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de digestibilidade de aminoácido verdadeiro foram de 112,12°C para lisina, 107,14°C para metionina, 106,11°C para cistina, 111,77 para arginina e 112,25 para serina.

## **CAPÍTULO III**

### **DIETAS FORMULADAS COM DIFERENTES VALORES NUTRICIONAIS DA SOJA SEMI-INTEGRAL EXTRUSADA SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

## RESUMO

LIMA, Marcos Fabio. **Dietas formuladas com diferentes valores nutricionais da soja semi-integral extrusada sobre o desempenho de frangos de corte.** 2016. 89p Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Este experimento foi realizado no Centro de Pesquisas Avícolas do Instituto Federal do Rio de Janeiro Campus Pinheiral. Foram utilizados 1080 frangos de corte, machos da linhagem Cobb de 01 a 35 dias de idade. Os pintos foram alojados com 01 dia de idade no galpão experimental, em 35 boxes de 3,0 m<sup>2</sup> com piso recoberto de maravalha onde permaneceram até o término do período experimental. Foram alojadas 30 aves por boxe. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 9 repetições e 30 aves por unidade experimental, totalizando 1080 aves. Os tratamentos estudados foram, dieta com farelo de soja comercial (DFS); dieta com matriz nutricional da SSIE a 110°C e corrigida (DSC); dieta com matriz nutricional da SSIE a 110°C determinada pela análise do NIRS online (DSN) e dieta com matriz nutricional da SSIE conforme Tabelas Brasileiras (DSTB). Foram analisados o desempenho zootécnico, custo de frango e margem bruta bem como as características da carcaça dos frangos de corte submetidos aos tratamentos. Aos 35 dias de idade todo o lote foi pesado e nove aves por tratamento foram retiradas para a avaliação da carcaça. Após o jejum estabelecido os frangos foram pesados e, em seguida, abatidos. As carcaças foram pesadas após gotejamento para avaliação do peso da carcaça quente, e logo em seguida foram realizados os cortes (peito, coxa + sobrecoxa e dorso) e pesagem dos mesmos. Os dados foram analisados no programa estatístico SISVAR (2003) e quando verificado efeito significativo pelo teste F foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls (SNK) para comparação das médias com significância de 5% (P<0,05). A composição das matrizes nutricionais da SSIE e farelo de soja influenciaram no desempenho zootécnico de frangos de corte. Os frangos alimentados com as dietas contendo SSIE corrigida e SSIE com matriz nutricional determinada pelo NIRS online apresentaram o melhor desempenho aos 35 dias de vida. A composição das matrizes nutricionais da SSIE influenciou os resultados econômicos, sendo que o menor custo e a melhor margem bruta foram encontrados no tratamento contendo a dieta com a SSIE corrigida. Os frangos alimentados com a dieta contendo SSIE corrigida apresentaram as melhores características da carcaça quanto ao peso absoluto.

**Palavras-chave:** Soja semi-integral extrusada. Aminoácidos digestíveis. Frangos de corte

## ABSTRACT

LIMA, Marcos Fabio. **Diets formulated with different nutritional values of the extruded semi-whole soybean on performance of broilers.** 2016. 89p Thesis (Doctor Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

This experiment was conducted in the Poultry Research Centre of the Instituto Federal do Rio de Janeiro Campus Pinheiral. 1080 broiler were used, male Cobb of 01 to 35 days of age. The chicks were housed with 01 days of age in the experimental shed, in 35 boxes of 3.0 m<sup>2</sup> floor covered with wood shavings where they remained until the end of the trial period. They were housed 30 birds per pen. Birds were distributed in a completely randomized design with 4 treatments and 9 replications and 30 birds each, totaling 1080 birds. The treatments were diet with commercial soybean meal (DFS); diet with nutritional matrix extruded semi-whole soybean (SSIE) the 110°C and corrected (DSC); diet with nutritional matrix SSIE to 110°C determined by the analysis of online NIRS (DSN) and SSIE to 110°C diet with nutritional matrix as Brazilian Tables (DSTB). The performance and carcass characteristics of broilers subjected to treatment were analyzed. At 35 days of age all the batch was weighed 9 birds per treatment were taken to evaluate the housing. After fasting established chickens were weighed and then slaughtered. The carcasses were weighed after dropping to evaluate the hot carcass weight, and soon after the cuts were made (breast, thigh + drumstick and back) and weighing them. Data were analyzed using the statistical program SISVAR (2003) and when found significant effect by the F test was used the Student-Newman-Keuls test (SNK) to compare means with significance of 5% (P <0.05). The composition of nutritional SSIE and soybean meal influenced the growth performance of broiler chickens. The chickens fed diets containing SSIE corrected and SSIE with nutritional matrix determined by online NIRS showed the best performance at 35 days of life. The composition of nutritional of SSIE influenced economic results, with lower cost and better gross margin found in the treatment with the diet containing SSIE corrected. The chickens fed the corrected SSIE containing diet showed the best carcass characteristics as the absolute weight.

**Keywords:** Extruded semi-whole soybean. Digestible amino acids. Broilers

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos valores nutricionais corretos dos ingredientes utilizados nas dietas para frangos de corte é uma importante ferramenta da nutrição de precisão e permite o atendimento das exigências nutricionais das novas linhagens de conformação de frangos de corte que possuem alto desempenho e responde aos estímulos de nutrição, biossegurança e ambiência de precisão.

Na produção de frangos de corte é necessário se maximizar a conversibilidade de proteína vegetal em proteína animal, e assim obter produto final de menor custo, garantindo a viabilidade da criação. Deve ser considerada a responsabilidade adicional que a produção de carne assumiu frente ao crescimento da população mundial e as maiores demandas por proteína de origem animal em quantidade, qualidade, baixo custo e menor impacto ambiental.

Como a soja representa no Brasil o segundo ingrediente de maior custo nas dietas e o principal fornecedor de proteína para a nutrição de frangos de corte faz-se necessário o conhecimento preciso de seus valores nutricionais. O farelo de soja que tradicionalmente é utilizado como fonte de proteína para as dietas em frangos de corte, vem sendo substituído em algumas empresas pela soja semi-integral extrusada. No entanto, ainda existem poucas pesquisas sobre a matriz nutricional deste produto e sua utilização em dietas para frangos de corte.

Alicerçados nestas premissas foi realizado este experimento cujo objetivo foi avaliar a inclusão de soja semi-integral extrusada considerando diferentes matrizes nutricionais em dietas de frangos de corte.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética para uso de animais (CEUA - IZ) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo processo no 007756/2014, e está de acordo com os princípios éticos da experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e com a legislação vigente, tendo sido aprovado em: 03/11/2014.

Este experimento foi realizado no Centro de Pesquisas Avícolas (CPA) do Instituto Federal do Rio de Janeiro Campus Pinheiral.

### **2.1 Animais, Instalações e Manejo**

Foram utilizados 1080 frangos de corte, machos da linhagem Cobb 500 de um a trinta e cinco dias de idade, provenientes de ovos de matrizes com 50 semanas de idade. Os pintos foram alojados com um dia de idade no galpão experimental do Centro de Pesquisas Avícolas, em 35 boxes de 3,0 m<sup>2</sup> (2,00 m de comprimento x 1,5 m de largura), com piso recoberto com maravalha (dez centímetros de espessura), onde permaneceram até o término do período experimental. Foram alojadas 30 aves por boxe, em uma densidade de 10 frangos por m<sup>2</sup>.

O programa de luz utilizado foi de 23 horas de luz e uma hora de escuro durante o período de 1 a 21 dias, de 22 a até o final do experimento o programa utilizado foi de 18 horas de luz e seis horas de escuro. O aquecimento dos pintos foi realizado nos 10 primeiros dias de vida através de aquecedor automático a gás modelo ARCOTHERN GA110, que aqueceu todo o ambiente interno do galpão experimental de forma a atender as necessidades de temperaturas por dia de vida das aves.

Em cada boxe foram instalados um comedouro tipo tubular infantil (01 a 14 dias de idade) e um comedouro tipo tubular adulto (15 – 35 dias de idade) e um bebedouro tipo nipple (01 a 35 dias de idade). A ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

As aves foram imunizadas no incubatório contra as enfermidades de Marek, Gumboro, Bronquite e Newcastle.

### **2.2 Delineamento Experimental**

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 9 repetições e 30 aves por unidade experimental, totalizando 1080 aves.

### **2.3 Tratamentos e Dietas Experimentais**

Todas as rações experimentais foram formuladas para atenderem as exigências das aves seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011). Os tratamentos utilizados neste experimento foram compostos por rações formuladas considerando diferentes matrizes nutricionais da soja semi-integral extrusada (SSIE) a 110°C, temperatura que resultou em melhores valores de EMAn e aminoácidos digestíveis de acordo com os experimentos realizados nos capítulos I e II desta tese.

Os tratamentos estudados foram:

T1 – Dieta com farelo de soja (DFS).

T2 – Dieta com matriz nutricional da SSIE corrigida (DSC).

T3 – Dieta com matriz nutricional SSIE, analisada do NIRS online (DSN).

T4 – Dieta com matriz nutricional da SSIE de acordo com as Tabelas Brasileiras (DSTB).

A composição nutricional das matrizes dos ingredientes utilizados nas formulações das dietas experimentais foi definida de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al, 2011) exceto para a SSIE corrigida (tratamento 2) e para a matriz da SSIE definida pelo NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) online (tratamento 3).

Para a obtenção da matriz nutricional da SSIE corrigida foram utilizados os dados de energia metabolizável e perfil de aminoácidos digestíveis descritos nos capítulos I e II desta tese.

Para a determinação dos valores da matriz nutricional da soja semi-integral extrusada a 110°C analisada pelo NIRS online, toda a partida da SSIE passou pela por uma esteira localizada logo abaixo do equipamento NIRS (Figura 1) sendo realizadas análises de: proteína bruta, umidade, extrato etéreo, fibra, e cinzas a cada 60 segundos utilizando as curvas e bancos de dados da FOSS e Adisseo Corporation. A partir destes valores foram estimados os valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis através das equações propostas por Rostagno et al (2011) descritas a seguir:

Energia metabolizável:

$$EM_{AVES} = 4,31PBd + 9,29 Gd + 4,14ENNd \text{ onde:}$$

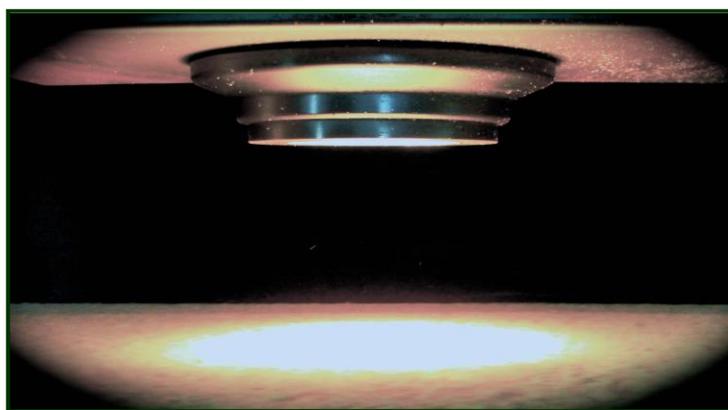
$EM_{AVES}$  = Energia Metabolizável para frangos de corte e aves jovens; PBd = Proteína bruta digestível da SSIE; Gd = Gordura digestível da SSIE e ENNd = Extrato não nitrogenado digestível.

Aminoácidos digestíveis para a soja:

$$Y(\text{somaAA}) = - 0,3850 + 0,6750(\%PB).$$

$$\text{Calculo AA} = \frac{Y(\text{somaAA}) \times \% \text{ AA na soma}}{100} \text{ onde:}$$

Y(soma) = Soma dos aminoácidos da SSIE; PB = Proteína bruta da SSIE; %AA na soma = (lisina: 9,256), (metionina: 2,025), (metionina +cistina: 4,256),(treonina: 5,924), (Triptofano: 2,142), (arginina: 11,036), (glicina + serina: 14,565), (valina: 7,283), (isoleucina: 7,008), (leucina: 11,563), (histidina: 3,976), (fenilalanina: 7,771),(fenilalanina + tirosina: 13,196).



**Figura 1.** NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) modelo PRO-FOSS, analisando a soja semi-integral extrusada à 110°C em tempo real (online)

Os valores nutricionais das matrizes da SSIE utilizadas nos tratamentos 2, 3 e 4 podem ser observados nas tabelas 1.

**Tabela 1.** Matriz nutricional da soja SSIE com valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos nos capítulos I e II desta tese utilizadas nos tratamentos 2, 3 e 4.

<b>Composição nutricional</b>	<b>Unidade</b>	<b>T 2 SSIE corrigida</b>	<b>T 3 SSIE NIRS</b>	<b>T 4 SSIE TB</b>
Energia Metabolizável	Kcal/kg	3506,78	3111,42	3073,35
Solubilidade	%	81,430	81,430	81,430
Atividade Ureática	Dif pH	0,100	0,100	0,100
Matéria seca	%	94,44	94,44	94,44
Extrato Etéreo	%	12,000	12,510	12,000
Proteína Bruta	%	40,700	39,011	40,07
Fibra Bruta	%	5,000	5,612	6,63
Ácido Aspártico	%	4,160	-	-
Ácido Glutâmico	%	6,770	-	-
Alanina	%	1,530	-	-
Arginina	%	2,780	2,680	2,74
Cistina	%	0,560	0,50	0,49
Fenilalanina	%	1,840	1,808	1,830
Glicina	%	1,460	1,460	-
Glicina + serina	%	2,750	-	-
Isoleucina	%	1,530	1,633	1,620
Leucina	%	2,620	2,706	2,720
Lisina	%	2,200	2,171	2,220
Metionina	%	0,300	0,471	0,500
Metinina + cistina	%	0,860	0,98	0,99
Prolina	%	1,970	-	-
Serina	%	1,750	1,900	-
Tirosina	%	1,290	1,290	1,270
Fenilalanina + tirosina	%	3,120	3,100	3,100
Treonina	%	1,270	1,343	1,390
Valina	%	1,660	1,671	1,670

As rações utilizadas neste estudo encontram-se nas tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2.** Composição percentual e química das rações pré iniciais contendo Soja semi-integral extrusada a 110°C e farelo de soja

<b>Ingredientes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
SSIE corrigida	-	10,740	-	-
SSIE online <sup>1</sup>	-	-	27,000	-
SSIE TB <sup>2</sup>	-	-	-	28,480
Farelo de soja (46,00%)	41,740	31,000	18,450	16,000
Milho (7,23%)	51,000	54,000	51,000	52,000
Óleo de soja	3,000	-	-	-
Fosfato bicálcico	2,050	1,950	1,900	1,900
Calcário	0,890	0,850	0,218	0,230
Cloreto de sódio	0,450	0,450	0,500	0,450
DL-metionina	0,350	0,400	0,350	0,350
L-lisina HCl	0,210	0,250	0,220	0,230
L-treonina	0,050	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>				
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2960,000	2960,000	2960,000	2960,000
Proteína bruta (%)	22,900	22,900	22,900	22,900
Cálcio (%)	0,990	0,960	0,960	0,960
Fósforo disponível (%)	0,490	0,490	0,490	0,490
Sódio	0,210	0,210	0,210	0,210
Lisina total (%)	1,420	1,420	1,420	1,420
Lisina digestível (%)	1,305	1,305	1,305	1,305
Metionina total (%)	0,690	0,690	0,690	0,690
Metionina digestível (%)	0,660	0,660	0,660	0,660
Metionina+Cistina total (%)	1,060	1,050	1,050	1,050
Metionina+Cistina digestível (%)	0,960	0,960	0,960	0,960
Treonina total (%)	0,970	0,960	0,960	0,960
Treonina digestível (%)	0,840	0,840	0,840	0,840
Triptofano total (%)	0,290	0,290	0,290	0,290
Triptofano digestível (%)	0,260	0,260	0,260	0,260
Arginina total (%)	1,530	1,530	1,530	1,530
Arginina digestível (%)	1,080	1,080	1,080	1,080

<sup>1</sup>Soja semi-integral extrusada analisada pelo NIRS online. <sup>2</sup>Soja semi-integral extrusada considerando a matriz nutricional das tabelas brasileiras (2011).

<sup>3</sup>Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>4</sup>Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g; enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g. <sup>5</sup>Antioxidante Beta Hidroxi-butil Tolueno (BHT)

**Tabela 3.** Composição percentual e química das rações iniciais contendo Soja semi-integral extrusada a 110°C e farelo de soja

<b>Ingredientes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
SSIE corrigida	-	12,000	-	-
SSIE online <sup>1</sup>	-	-	33,440	-
SSIE TB <sup>2</sup>	-	-	-	31,000
Farelo de soja (46,00%)	37,000	26,000	10,000	10,090
Milho (7,23%)	55,000	58,000	53,000	55,000
Óleo de soja	4,000	-	-	-
Fosfato bicálcico	1,790	1,550	1,450	1,450
Calcário	0,920	1,060	0,807	1,200
Cloreto de sódio	0,460	0,460	0,450	0,450
DL-metionina	0,350	0,400	0,350	0,300
L-lisina HCl	0,170	0,220	0,190	0,200
L-treonina	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>				
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	3050,00	3050,00	3050,00	3050,00
Proteína bruta (%)	21,620	21,620	21,620	21,620
Cálcio (%)	0,840	0,840	0,840	0,840
Fósforo disponível (%)	0,410	0,410	0,410	0,410
Sódio	0,200	0,200	0,200	0,200
Lisina total (%)	1,310	1,330	1,310	1,310
Lisina digestível (%)	1,200	1,200	1,200	1,200
Metionina total (%)	0,630	0,630	0,630	0,630
Metionina digestível (%)	0,690	0,690	0,690	0,690
Metionina+Cistina total (%)	1,008	1,008	1,008	1,008
Metionina+Cistina digestível (%)	0,920	0,920	0,920	0,920
Treonina total (%)	0,880	0,880	0,880	0,900
Treonina digestível (%)	0,770	0,770	0,770	0,770
Triptofano total (%)	0,270	0,270	0,270	0,270
Triptofano digestível (%)	0,240	0,240	0,240	0,240
Arginina total (%)	1,440	1,430	1,440	1,430
Arginina digestível (%)	1,360	1,340	1,340	1,340

<sup>1</sup>Soja semi-integral extrusada analisada pelo NIRS online. <sup>2</sup>Soja semi-integral extrusada considerando a matriz nutricional das tabelas brasileiras (2011).

<sup>3</sup>Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg;

<sup>4</sup>Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g; nicarbazina, 125g. enramicina, 10g e veículo q. s. p. – 1000,00g. <sup>5</sup>Antioxidante Beta Hidroxi-butyl Tolueno (BHT)

**Tabela 4.** Composição percentual e química das rações de crescimento contendo Soja semi-integral extrusada a 110°C e farelo de soja

<b>Ingredientes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
SSIE corrigida	-	15,000	-	-
SSIE online <sup>1</sup>	-	-	38,460	-
SSIE TB <sup>2</sup>	-	-	-	36,450
Farelo de soja (46,00%)	33,000	19,000	-	-
Milho (7,23%)	58,000	62,000	58,000	60,000
Óleo de soja	5,000	0,150	0,150	-
Fosfato bicálcico	1,770	1,500	1,350	1,400
Calcário	1,000	1,030	0,738	0,970
Cloreto de sódio	0,440	0,420	0,420	0,420
DL-metionina	0,300	0,350	0,350	0,300
L-lisina HCl	0,210	0,270	0,240	0,200
L-treonina	0,020	0,020	0,030	-
Suplemento vitamínico <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento mineral <sup>4</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total %</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição Calculada</b>				
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	3150,00	3150,00	3150,00	3150,00
Proteína bruta (%)	19,960	19,960	19,960	19,960
Cálcio (%)	0,820	0,820	0,820	0,820
Fósforo disponível (%)	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio	0,190	0,190	0,190	0,190
Lisina total (%)	1,230	1,230	1,230	1,230
Lisina digestível (%)	1,130	1,130	1,130	1,130
Metionina total (%)	0,600	0,600	0,600	0,600
Metionina digestível (%)	0,580	0,580	0,580	0,580
Metionina+Cistina total (%)	0,930	0,930	0,930	0,930
Metionina+Cistina digestível (%)	0,850	0,850	0,850	0,850
Treonina total (%)	0,780	0,780	0,780	0,780
Treonina digestível (%)	0,670	0,670	0,670	0,670
Triptofano total (%)	0,240	0,240	0,240	0,240
Triptofano digestível (%)	0,220	0,220	0,220	0,220
Arginina total (%)	1,310	1,300	1,300	1,300
Arginina digestível (%)	1,220	1,210	1,210	1,210

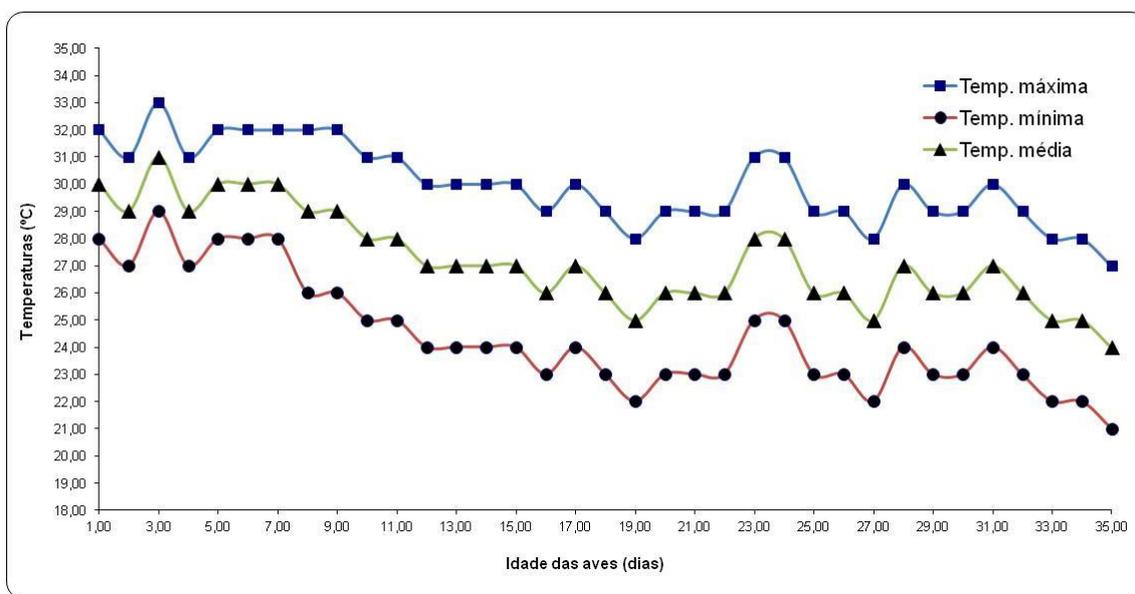
<sup>1</sup>Soja semi-integral extrusada analisada pelo NIRS online. <sup>2</sup>Soja semi-integral extrusada considerando a matriz nutricional das tabelas brasileiras (2011).

<sup>3</sup>Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A, 10.000.000 UI; vitamina D3, 2.000.000 UI; vitamina E, 30.000 UI; vitamina K3, 3.000,0 mg; vitamina B1, 2.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 4.000,0 mg; vitamina B12, 5.000,0 mg; ácido pantotênico, 12.000,0 mg; niacina, 12.500,0 mg; ácido fólico, 1000,0 mg; biotina, 100,0 mg.

<sup>4</sup>Manganês, 16,0g; zinco, 100,0g; ferro, 100,0g; cobre, 20,0g; iodo, 2,0 g; selênio, 0,25g e veículo q. s. p. – 1000,00g. <sup>5</sup> Antioxidante Beta Hidroxi-butyl Tolueno (BHT)

## 2.4 Temperatura Interna no Galpão

O experimento foi realizado no galpão experimental com sistema de controle de temperatura automático através de aquecedor a gás modelo ARCOTHERN GA110 e sistema de ventilação túnel, constituído de exaustores de placa evaporativa adaptada através de tijolos de barro e nebulizadores externos, de modo a proporcionar temperatura próximo do ideal para as aves conforme pode ser observado na figura 2.



**Figura 2.** Registro das temperaturas de máxima, mínima e média no galpão experimental climatizado do Centro de Pesquisas Avícolas do IFRJ

## 2.5 Desempenho Zootécnico e Econômico

Foram avaliados os índices zootécnicos de frangos de corte de acordo com as fases de criação: (01 a 7 dias – pré-inicial, 8 a 21 dias – inicial, 22 a 35 dias – crescimento e de 01 a 35 dias de idade). Os índices avaliados foram:

### Ganho de peso (GP)

O peso médio das aves foi avaliado ao final de cada fase experimental. As aves de cada unidade experimental foram pesadas em grupo e o resultado dividido pelos números de aves vivas, obtendo-se o ganho de peso médio das aves em gramas.

### Conversão alimentar (CA)

A conversão alimentar foi calculada dividindo-se o consumo de ração pelo peso médio corporal somente das aves que estavam vivas no período.

### Consumo de ração (CR)

O consumo de ração de cada unidade experimental foi avaliado ao final de cada fase de criação (troca de dietas alimentares).

### **Índice de eficiência produtiva (IEP)**

Este fator foi obtido no período de criação de 01 a 35 dias através da seguinte fórmula:  
$$IEP = \frac{(GPD \times VIAB)}{CA} \times 10$$
, onde: GPD = ganho de peso diário.

### **Custo da alimentação por Kg de frango produzido (CF)**

O CF foi calculado com base na equação abaixo, onde foi considerado: Quantidade de ração consumida (QR), custo da ração (CR) e o ganho de peso (GP) 1 a 35 dias de idade:

$$CF = (QR \times CR)/GP$$

### **Margem bruta em relação ao custo da alimentação por Kg de frango (MB)**

A margem bruta de lucratividade foi obtida aos 35 dias de idade das aves considerando o preço de venda do frango vivo (PVF) e o CF:

$$MB = PVF - CF$$

## **2.6 Parâmetros de Carcaça**

Aos 35 dias de idade todo o lote foi pesado e nove aves por tratamento foram retiradas, sendo selecionadas pelo peso médio do tratamento, identificadas através de anilhas e submetidas a um jejum alimentar de 6 horas antes do abate para a avaliação da carcaça.

Após o jejum estabelecido os frangos foram pesados e, em seguida, abatidos. No abate, os frangos foram atordoados por deslocamento cervical, sangrados, escaldados a 54 °C por aproximadamente dois minutos, depenados e eviscerados manualmente (Figura 3), retirando-se também cabeça, pescoço e pés.



**Figura 3.** Processo de evisceração manual das aves

As carcaças foram pesadas após gotejamento para avaliação do peso da carcaça quente, e logo em seguida foram realizados os cortes (peito, coxa + sobrecoxa e dorso) e pesagem dos mesmos.

Para determinação do rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça quente, limpa e eviscerada, em relação ao peso vivo após o jejum. Os rendimentos de carcaça e cortes foram calculados pelas fórmulas:

**Rendimento relativo de carcaça (RC%):**

$$RC (\%) = \frac{\text{Peso quente da carcaça (sem vísceras e sem cabeça, pescoço pés)}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

**Rendimento relativo de peito (RP%):**

$$RP (\%) = \frac{\text{Peso do peito}}{\text{Peso da carcaça quente}} \times 100$$

**Rendimento relativo de coxa com sobrecoxa (RCS %):**

$$RCS (\%) = \frac{\text{Peso da coxa + sobrecoxa}}{\text{Peso da carcaça quente}} \times 100$$

**Rendimento relativo de dorso (RD%):**

$$RD (\%) = \frac{\text{Peso do dorso} \times 100}{\text{Peso da carcaça quente}}$$

## 2.7 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados no programa estatístico SISVAR (2003) e quando verificado efeito significativo pelo teste F foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls (SNK) para comparação das médias com significância de 5% ( $P < 0,05$ ). O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Sendo:

$Y_{ij}$  = Valor observado relativo ao tratamento  $i$ , na repetição  $j$ ;

$\mu$  = média geral do experimento;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i$  = dieta controle; SSIE corrigida; SSIE analisada NIRS online; SSIE matriz Tabelas Brasileiras (2011), sendo  $i = 1, 2, 3, 4$ .

$e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação, associado ao tratamento  $i$  na repetição  $j$ , sendo  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação do Desempenho

As médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) por períodos de criação estão apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar dos frangos submetidos aos tratamentos 1, 2, 3 e 4.

Variáveis	Tratamentos				CV
	T1	T2	T3	T4	
Período de 01 a 07 dias					
Consumo de ração (g)	164,04b	161,39a	165,66b	164,16b	3,36
Ganho de peso (g)	190,64b	196,73a	194,41ab	188,18b	2,38
Conversão alimentar	0,860b	0,820a	0,853b	0,872c	3,13
Período de 08 a 21 dias					
Consumo de ração (g)	920,08b	969,24a	934,30b	850,45c	2,73
Ganho de peso (g)	735,56b	778,77a	745,24b	675,66c	4,22
Conversão alimentar	1,251a	1,244a	1,254a	1,258a	3,13
Período de 22 a 35 dias					
Consumo de ração (g)	2080,73a	2065,60b	2070,70ab	2059,89b	4,01
Ganho de peso (g)	1263,76a	1260,12a	1267,65a	1250,85b	4,98
Conversão alimentar	1,653b	1,644a	1,641a	1,654b	4,24

<sup>a, b, c</sup>: Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ). T1: dieta com farelo de soja comercial, T2: dieta com matriz nutricional da SSIE corrigida, T3: dieta com matriz nutricional da SSIE determinada pelo NIRS online e T4: dieta com matriz nutricional da SSIE conforme Tabelas Brasileiras (2011), para os períodos de criação.

Durante o período de criação de 01 a 07 dias foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, tendo os pintos que receberam a dieta do tratamento 2 apresentado melhores valores quando comparados aos pintos dos demais tratamentos. Os pintos que receberam dieta do tratamento 4 apresentaram o pior valor de conversão alimentar neste período ( $P < 0,05$ ). Não foram observadas diferenças para o consumo de ração e ganho de peso entre os tratamentos 1, 3 e 4. Estes resultados demonstram a necessidade de atualização na matriz nutricional da SSIE.

Dallmann et al (2010) avaliaram o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas contendo ingredientes de alta digestibilidade como óleo de soja e soja semi-integral extrusada e não verificaram diferença entre os tratamentos, enquanto Costa et al (2013) obtiveram resultados distintos para pintos de um a sete dias de idade recebendo dietas contendo soja semi-integral extrusada e farelo de soja com óleo degomado, sendo que os pintos que receberam dietas com farelo de soja e óleo degomado apresentaram melhores índices de conversão alimentar em comparação as aves que receberam soja semi-integral extrusada. As diferenças encontradas na literatura podem ser atribuídas a falta de padronização no processamento da soja semi-integral no que se refere a temperatura de extrusão utilizadas nas indústrias.

No período de 08 a 21 dias de idade foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o consumo de ração e ganho de peso para os frangos que receberam dieta do tratamento 2 quando comparado aos demais tratamentos. O melhor resultado para o ganho de peso foi observado nos frangos que receberam dieta do tratamento 2, isto pode ser atribuído ao processo de extrusão adequado e a maior precisão na matriz nutricional utilizada. Segundo Costa et al (2006) a extrusão promove aumento na disponibilidade dos nutrientes facilitando a hidrólise enzimática. Não foram encontradas diferenças significativas para consumo de ração e ganho de peso entre os resultados dos tratamentos 1 e 3, sendo que estes dois tratamentos diferiram do tratamento 4 que apresentou os menores índices de consumo de ração e ganho de peso neste período ( $P < 0,05$ ). Não foi observada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para conversão alimentar entre os tratamentos neste período.

No período de 22 a 35 dias de idade não foram encontradas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) para o ganho de peso entre os tratamentos 1, 2 e 3. Os frangos que receberam a dieta do tratamento 4, apresentaram o pior ganho de peso. Neste período não foram encontradas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) para o ganho de peso entre os tratamentos 2, 3 e 4, sendo que o maior consumo de ração foi observado para os frangos que receberam a dieta do tratamento 1. No que se refere a conversão alimentar as aves que receberam dietas dos tratamentos 2 e 3 apresentaram melhores resultados ( $P < 0,05$ ) do que os tratamentos 1 e 4. Estes resultados não estão de acordo com os encontrados por Costa et al (2015) que obtiveram piores valores para aves que receberam SSIE em relação a dieta controle a base de milho e farelo de soja, tendo os autores atribuído estes resultados ao aproveitamento menos eficiente da dieta contendo SSIE em função da inadequada inativação dos fatores antinutricionais.

As médias do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) índice de eficiência produtiva (IEP), custo ponderado das rações, custo com a ração por Kg de frango (CF) e margem bruta em relação ao custo por Kg de frango para o período de 1 a 35 dias estão apresentadas na tabela 6.

**Tabela 6.** Resultados de desempenho e econômicos dos frangos submetidos aos tratamentos 1, 2, 3 e 4 para o período de 1 a 35 dias de idade.

Variáveis	Tratamentos				CV
	T1	T2	T3	T4	
Consumo de ração (g)	3355,11b	3306,70a	3305,30a	3246,52c	5,06
Ganho de peso (g)	2223,55a	2225,99a	2220,11a	2150,401b	4,02
Conversão alimentar	1,509b	1,485a	1,489a	1,510b	4,23
Índice de eficiência produtiva	390,74a	395,41a	392,40a	389,82a	5,27
Índice (%)	98,82%	100,00%	99,24%	98,59%	
Custo ponderado rações (R\$) / Kg	1,193	1,135	1,163	1,152	
Índice (R\$/Kg)	105,11%	100,00%	102,47%	101,50%	
CF (R\$/Kg) <sup>1</sup>	1,801b	1,710a	1,730a	1,740a	4,45
Índice (CF)	106,82	100,00%	102,61	103,20	
MB (R\$/Kg) <sup>2</sup>	1,201b	1,290a	1,270a	1,260a	5,06
Índice	92,96%	100,00%	98,34%	97,71%	

<sup>a, b</sup> : Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ). CV (%): Coeficiente de variação. <sup>1</sup>CF: Custo com a ração por Kg de frango produzido. <sup>2</sup>MB: Margem bruta em relação ao custo da alimentação por Kg de frango. T1: dieta com farelo de soja comercial, T2: dieta com matriz nutricional da SSIE corrigida, T3: dieta com matriz nutricional da SSIE determinada pelo NIRS online e T4: dieta com matriz nutricional da SSIE conforme Tabelas Brasileiras (2011), para os períodos de criação.

No período de 01 a 35 dias de idade não foram observadas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) para o consumo de ração entre os tratamentos 2 e 3, mas estes tratamentos diferiram dos tratamentos 1 e 4. No que se refere ao ganho de peso não houve diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos 1, 2 e 3, sendo que o tratamento 4 apresentou o menor ganho de peso. Os melhores resultados de conversão alimentar foram observados em frangos que receberam os tratamentos 2 e 3, havendo diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre estes tratamentos e os tratamentos 1 e 4 durante este período.

No presente experimento os frangos que apresentaram os piores índices zootécnicos foram aqueles que receberam a dieta do tratamento 4 contendo SSIE com matriz nutricional de acordo com as tabelas brasileiras (Rostagno, 2011). Estes resultados sugerem que os dados da matriz nutricional da SSIE das tabelas brasileiras precisam ser atualizados de modo a atenderem adequadamente as exigências nutricionais dos frangos de corte para que estes possam expressar todo potencial zootécnico e econômico.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ) para o índice de eficiência produtiva entre os tratamentos. Quanto aos índices de custo de frango e margem bruta em relação ao custo do Kg de frango não foram observadas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos 2, 3 e 4, havendo diferença estatística ( $P < 0,05$ ) para o tratamento 1 que apresentou os piores valores de custo de frango e margem bruta.

No que se refere ao índice custo das dietas, o tratamento 2, apresentou percentualmente o menor custo quando comparado aos demais tratamentos, isto pode ser atribuído ao ajuste preciso da matriz nutricional deste ingrediente. O custo da dieta do tratamento 1 foi percentualmente o mais alto entre os tratamentos. O tratamento 3 apresentou o índice de custo percentualmente maior que o tratamento 4, entretanto o custo do frango e a margem bruta foram percentualmente melhores para o tratamento 3, isto se deve aos melhores índices zootécnicos encontrados, ou seja, as aves responderam as correções nutricionais realizadas pelo NIRS online, sendo que a dieta de menor índice de custo da ração e que apresentou os melhores índices de custo de frango e margem bruta foi a dieta do tratamento 2, demonstrando que as curvas do programa de formulação online para SSIE precisam ser mais precisas.

### **3.2 Características de Carcaça**

Na tabela 7, estão apresentados os resultados das características de carcaça dos frangos abatidos aos 36 dias de idade.

**Tabela 7.** Características de carcaça dos frangos de corte abatidos aos 36 dias de idade

Variáveis	Tratamentos				CV
	T1	T2	T3	T4	
	Peso absoluto				
Peso vivo pós-jejum	2200,00b	2316,00a	2210,00b	2208,00b	6,49
Carcaça quente	1623,00b	1752,00a	1660,00c	1624,00b	5,50
Coxa+sobrecoxa	184,00 a	188,00 a	185,00 a	182,08 a	10,20
Peito	605,00c	650,00a	631,00b	598,00c	6,40
Dorso	384,00b	419,00a	385,00b	388,00b	8,50
	Rendimento (%)				
Carcaça	73,78a	75,68a	75,11a	73,56a	4,39
Coxa+sobrecoxa	11,34a	10,73a	11,14a	11,20a	6,50
Peito	37,26a	37,11a	37,99a	36,80a	5,30
Dorso	23,67a	23,91a	23,20a	23,87a	6,00

<sup>a, b, c</sup>: Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ). ns: Médias não foram significativas pelo teste Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ). CV(%): Coeficiente de variação. T1: dieta com farelo de soja comercial, T2: dieta com matriz nutricional da SSIE corrigida, T3: dieta com matriz nutricional da SSIE determinada pelo NIRS online e T4: dieta com matriz nutricional da SSIE conforme Tabelas Brasileiras (2011), para os períodos de criação.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ) para peso vivo pós-jejum, peso da carcaça quente, pesos do peito e dorso. Os frangos alimentados com a dieta do tratamento 2 apresentaram melhores valores de peso vivo pós-jejum, peso da carcaça quente, peso de dorso e peito quando comparados aos demais tratamentos. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ) para peso de vivo pós-jejum, peso de carcaça, peso de dorso e peito entre os tratamentos 1 e 4, sendo que não houve diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) para o peso de coxa+sobrecoxa entre os tratamentos. Estas diferenças encontradas, sobretudo em relação aos frangos do tratamento 2 que apresentaram os melhores valores de peso pós-jejum, peso da carcaça quente e pesos de dorso e peito podem ser atribuídos aos ajustes na matriz nutricional da SSIE que refletiu em uma formulação de precisão da dieta deste tratamento, atendendo desta forma as exigências nutricionais dos frangos de corte.

No que se refere aos rendimentos de carcaça, coxa+sobrecoxa, peito e dorso, não foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos,

## **4 CONCLUSÕES**

A composição das matrizes nutricionais da SSIE e farelo de soja influenciaram no desempenho zootécnico de frangos de corte.

Os frangos alimentados com as dietas contendo SSIE corrigida e SSIE com matriz nutricional determinada pelo NIRS online apresentaram o melhor desempenho aos 35 dias de vida.

Os frangos alimentados com a dieta contendo SSIE corrigida apresentaram as melhores características da carcaça quanto ao peso absoluto.

A composição das matrizes nutricionais da SSIE influenciou os resultados econômicos, sendo que o menor custo e a melhor margem bruta foram encontrados no tratamento contendo a dieta com a SSIE corrigida.

## CONCLUSÕES GERAIS

Os valores de EMA, EMAn, aminoácidos digestíveis verdadeiros e coeficientes de digestibilidade foram influenciados significativamente pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral.

Os maiores valores de EMA (3720,09 Kcal/ Kg) e de EMAn (3424,99 Kcal/Kg) foram obtidos com a temperatura de extrusão da soja semi-integral de aproximadamente 105,6°C.

Os valores de aminoácidos digestíveis e coeficientes de digestibilidade verdadeiros foram influenciados pelas temperaturas de extrusão da soja semi-integral.

As melhores temperaturas de extrusão da soja semi-integral estimadas para os valores de digestibilidade de aminoácido verdadeiro foram de 112,12°C para lisina, 107,14°C para metionina, 106,11°C para cistina, 111,77 para arginina e 112,25 para serina.

A padronização da temperatura de extrusão da SSIE e a utilização correta da matriz nutricional deste ingrediente na formulação de rações influenciam positivamente os índices produtivos e econômicos.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. R. Avaliação de equações de predição dos valores energéticos do milho e do farelo de soja na formulação de rações para frangos de corte. **Tese de doutorado**. UFPA, Belém. 92p. 2012.

ANFAR. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal: Métodos Analíticos**, 2013.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos teoria e prática**. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. 601p. 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY –AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington:AOAC International, 1995. 1025p.

BATAL, A. B.; DOUGLAS, M. W.; ENGRAM, A. E. Protein dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, p.1592-1596, 2000.

BELLAVER, C.; SNIZEK, J. P. N. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: **Congresso Brasileiro de Soja**, Londrina, PR. Anais. Embrapa Soja, 1999.

BENABDELJELIL, K. L. Soja graine entière. **American Soybean Association (ASA)**. Brussels, Belgium. p 64.1999.

BISWAS, S.; MARTI, S. B.; CHARKRABARTI, S.; BISWAS, B. B. Purification And characterization of myo-inositol hexaphosphatase adenosine diphosphate phosphotransferase from *Phaseolus aureus*. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.185, p.557-566, 1978.

BORGES, S. A.; SALVADOR, D.; IVANOVSKI, R. A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: **Simpósio sobre nutrição de aves e suínos**. Cascavel p. 21-59. 2003.

BRAGA, A. P.; LUDERMIR, T. B.; CARVALHO, A. C. P. L. F. **Redes neurais artificiais: Teoria e aplicações**. Editora S. A. 2000.

BREARLEY, C. A.; HANKE, D. E. Metabolic evidence for the order of addition of individual phosphate esters to the myo-inositol moiety of inositol hexakisphosphate in the duckweed *Spirodela polyhira* L. **Biochemical Journal**, v.314, p.227-233. 1996.

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

BRIDI, A. M.; BRUNELLI, S. R. A.; OBA, C. A.; SILVA, N. A. N.; FONSECA, H. P.; ROLIM, K. R. Desempenho de frangos de corte alimentados com soja semi-integral extrusada. **Anais simpósio de nutrição da Universidade Estadual de Londrina**. Londrina. 2007.

CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA O. M.; CARVALHO, M. R. B.; BIANCHI, M. Determinação do Valor Nutricional das Sojas Integrais Processadas para Aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.2 n.1. 2000.

CAMPESTRINI, E. Utilização de equipamento NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) nos estudos de valores nutricionais de composição química e digestibilidade de alimentos para não ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 5, p. 240-251, 2005.

CARDONA, D. Utilização de soja integral em rações de suínos. In: **Anais do V simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**, Campinas. p 15-34. 1991.

CARVALHO, S. W. Efeitos da utilização da soja semi-integral extrusada sobre o desempenho e características das carcaças dos suínos. **Dissertação de mestrado**. USP, Jaboticabal. 74p. 1996.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Séries históricas de produção de grãos. **Acomp. safra bras. grãos**, Brasília. v. 1 - Safra 2013/14. 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Séries históricas de produção de grãos. **Acompanhamento . safra brasileira de. grãos**, Brasília. v. 3 - Safra 2015/16, n. 5. 2016.

CONSTANÇA, H. Manual de utilização extrusoras com processos a seco. **Circular informativo greenpeças**. 2013

COSTA, F. G. P.; OLIVEIRA, F. N.; SILVA, J. H. V.; NASCIMENTO, G. A. J.; AMARANTE, J. V. S.; BARROS, L. R.; Desempenho de pintos de corte alimentados com rações contendo soja integral extrusada em diferentes temperaturas, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2006.

COSTA, E. M. S.; A. V.; LOPES, RIBEIRO, J. B. F.; SILVA, S. R. G.; ALMENDRA, S. N. O.; CARVALHO, F. D. U.; LIMA, D. C. P. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo grão integral e coprodutos da soja em ambiente com calor cíclico. **Revista Brasileira. Saúde Produção. Animal.**, Salvador, v.14, n.4, p.710-720, 2013.

COSTA, E. M.; FIGUEIREDO, A. V.; FILHO, M. A. M.; OST, J. C. **Revista eletrônica nutritime**. Artigo 231.Vo. 11. Número 01 – p. 3094 – 3108. 2014.

COSTA, E. M. S.; FIGUEIREDO, A. V.; LOPES, J. B.; SILVA, S. R. G.; RUFINO, A. K. B.; RIBEIRO, M. N.; REIS, L. H. C.; ALMENDRA, S. N. O. Broiler performance fed soy and co-products in the period from 22 to 42 days. **Associação brasileira de zootecnistas**. Zootec. 3pp. 2015.

COUTO, H. P.; **Fabrica de rações e suplementos para animais gerenciamento e tecnologias**. Ed. Aprenda fácil. Viçosa. 263p. 2008.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chem**. 20:263. 1986.

CLARKE, E.; WISEMAN, J. Effects of variability in trypsin inhibitor content of soya beanmeals 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.

DALLMANN, H. M.; AVILA, V.S. de.; BRUM, P. A. R. de.; COSTA, P. T. C.; COLDEBELLA, A.; DALLMANN, P. R.; MAIER, J. C.; RUTZ, F. Desempenho de frangos de corte alimentados com ingrediente de alta digestibilidade nas fases de criação pré inicial e inicial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.9, p.944-951, 2010

DIBNER, J. Alimentação inicial e desenvolvimento da imunidade intestinal. **In: Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Campinas, SP. p. 174-180. 2000.

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

EMBRAPA. **A origem do grão e histórico no Brasil**. 2006.

ESPÍNDOLA. C. J.; CUNHA. R. C.; A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, vol. 11, n. 1, p. 217-238. 2015.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises estatísticas para dados balanceados**. Lavras: UFLA/ DEX/ SISVAR, 2003, 145p.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, A. L.; FERNANDES, J. B. 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.

FISCHER, J. A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 2 n. 27, p. 314-318. 1998.

GERMANY, M. P. Physical and chemical changes during expansion. **Feed International**. p 16 – 23. 1992.

GILTZELMANN, R.; AURICCHIO S. The handling of soy  $\alpha$ - galactosidase by a normal and galactosemic child. **Pediatrics**, v.36, p. 231-232. 1965.

HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparasion of metabolizable energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**. 64 (3): 587-604. 1959.

IGREJA, A. C. M.; PACKER, M. F.; ROCHA, M. B. A evolução da soja no estado de Goiás e seu impacto na composição agrícola. **São Paulo IEA**, 20p. 1988.

ISANGA, J.; ZHANG, G. N. Soybean bioactive components and their implications to healtha review. **Food Reviews International**. v. 24, n. 2, p.252-276. 2008.

KAKADE, M. L. Contribution of trypsin inhibitor to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. **Journal Nutrition**. p103. 1973.

JENKINS, F. A.; WHITE, H. E. **Fundamentals of optics**. 4 ed. Auckland. 1981

KUNITS, M. Crystallization of trypsin inhibitor from soybeans. **Science**. 101:668-669. 1945.

LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. LATORRE, M. A.; PIQUER, J. Whole soybeans in diets for poultry. **Animal Production Department**.Universidad Politécnica Madrid. n10. 2015

LEITE, P. R. S. C.; MENDES, F. R.; PEREIRA, M. L. R.; LACERDA, M. J. R. Limitações da utilização de soja integral e farelo de soja na alimentação de frangos de corte. **Enciclopédia Biofera**. Goiania, v. 8, n. 15, p. 1138. 2012.

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

LIMA. C. B.; COSTA. F. G. P.; LUDKE. J. V.; JÚNIOR. D. M. L.; MARIZ. T. M.; PEREIRA. A. A.; SILVA. G. M.; ALMEIDA. A. C. A. Fatores antinutricionais e processamento do grão de soja para alimentação animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v.10, n.4, p 24-33. 2014.

LIMA, M. F.; COUTO, H. P.; REAL, G. S. C. P.; SOARES, R. T. R. N.; GOMES, A. V. C.; CURVELLO, F. A. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. **Arquivos. Brasileiros. Medicina. Veterinária. E Zootecnia**,v.68, n.3, p.725-732, 2016.

LIMA, M. R.; MORAIS, S. A. N.; COSTA, F. G. P.; PINHEIRO, S. G.; DANTAS, L. S.; CAVALCANTE, L. E. Atividade ureática. **Nutritime**, V.8. N. 05, p. 1606 – 1612. 2011.

LOEWUS, F. A. MURTHY, P. P. Myo-inositol metabolism in plants. **Plant Science**. v. 150, p.1-19. 2000.

LOON, C. Y. Fullfat soybean meal production and utilization. American Soybean Association. **Mita**. Vol.37.1997.

MACARI, M. Adaptações digestivas pós-eclosão. **Anais da 1º. Encontro Alpha de Enteropatias em Frangos de Corte**. Campinas. São Paulo. p.5-13. 2001.

MAIORKA, A. J.; LECZNIESKI, H. A. BARTELS.; PENS, A. M. J. Efeito do nível energético da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias da idade. In: **Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**. Curitiba, Brasil., p 41. 1997.

MAJERUS, P. W.; CONNOLY, T. M.; BANSAL, V. S.; INORN, R. C.; ROSS, T. S.; LIPS, P. Inositol phosphate: synthesis and degradation. **Journal of Biological Chemistry**, v.263, p.3051-3054. 1988.

MATTERSON. L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experiment Station Reserch Report**. 7(3 ):22. 1965.

MENDES, W. S. 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**, Belo Horizonte, v. 56, n. 2, p. 207-213. 2004.

MELO. A. S.; FIGUEIRÊDO. L. C.; ARRUDA. A. M. V.; FERNANDES. T. V.; MARINHO. J. B. M.; FILHO. C. A. S.; SOUZA. A. O. V.; OLIVEIRA. V. R. M. Aplicações biotecnológicas na avicultura: uma abordagem dos alimentos nutritivos convencionais. **PUBVET**. v. 10, n.3, p.235-243, 2016.

- MITCHELL, M. A.; SMITH, M. W. The effects of genetic selection to increased growth rate on mucosal and muscle weights in the different of the small intestine of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **Poultry Science**. 99: 251-258. 1991.
- MONTALVANI, D.; FILHO, L. C.; CORAZZA, M. L. Physical and chemical characteristics studies during the processing of soybean used in monogastric feeding. **Ciencia Agrária**. Londrina, v 32, n 3, p 1163 – 1168. 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 155p, 1994.
- NILSAN, Z.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Organ growth and digestive enzyme levels fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. **Poultry Science**. 70: 2040-2048. 1991.
- NUNES, R. V.; BROCH, J.; POLESE, C; EYNG, C.; POZZA, P. C. Avaliação nutricional e energética da soja integral desativada para aves. **Revista caatinga**, v.28. p. 143-151. 2015
- NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. Editora FEP-MVZ. Belo Horizonte.399p. 1998.
- OLIVEIRA, F. N.; COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V.; BRANDÃO, P. A.; JUNIOR, V. S. A.; NASCIMENTO, G. A. J.; BARROS, L. R. Desempenho de frangos de corte nas fases de crescimento e final alimentados com rações contendo soja integral extrusada em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 6, p.1950-1955. 2005.
- PALACIOS, M. F. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. **Journal of Animal Science**. v. 82, p. 1108-1114. 2004.
- PANDORFI, H.; PONTES, A. G.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista brasileira de saúde animal**. Salvador, v.13, n.2, p. 558-568. 2012.
- PARREIRA, T. F. Utilização de métodos quimiométricos em dados de natureza multivariada. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual de Campinas. 91p. 2003.
- PARSONS, C. M. Alternatives for improving the nutritional value and formulation of feeds. **Proceedings of the Seminário Internacional de Ciência Avícola**, 179 – 188. 1998.
- PAULA, S. A. Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja. Viçosa, MG. UFV. **Dissertação de mestrado**. 2007.
- PENZ, J. A. M.; VIEIRA, S. L. Broiler pre-start feed formulation. **Simpósio Internacional, Journey of Meat Poultry**, USA., 1-22. 1997.
- PINHEIRO, J. W.; JUNQUEIRA, O. M.; SAKOMURA, N. K.; Efeito do óleo de soja e da soja integral tostada em rações de frangos de corte. **Seminário ciência agrícola**, v.20, n.1, p. 31-38.1999.
- QIÃO, Y.; VAN KEMPEN, T. A. T. G. Comparison of Raman, mid, and near infrared spectroscopy for predicting the amino acid content in animal meals. Department of Animal Science, North Carolina State University. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2596–2600. 2004.

RABOY, V.; NOAMAN, M. M.; TAUHOR, G. A. PICKETT, S. G. Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. **Crop Science**. 68 v.31, p.631-635. 1991.

RAVINDRAN, V.; DOLLAHI, M. R. S.; BOOTWALLA, M. Nutrient analysis, metabolizable energy, and digestible amino acids of soybean meals of different origins for broilers. **Poultry Science Association**. P. 2567 – 2577. 2014.

RIBEIRO, R. N. Utilização de redes neurais artificiais e tecnologia FT-NIR para predição do número kappa em um processo Kraft de cozimento de madeira em indústria de celulose. **Dissertação de mestrado**. Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, 143p. 2007.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**. 3 ed. Viçosa. UFV, DZO. 2011.

RUIZ, N. Transito rapido tied to soybens. **Nutrition health Feedstuffs**, n 11, 2012.

RUTZ, F. Proteínas digestão e absorção. Cap 10. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Ed. FUNEP – UNESP. 2008.

SAGISMUNDO, R. SAGISMUNDO, R. Formulação online projeto maxinir. **Nutrition for Tomorrow**. São Paulo 2013.

SAKOMURA, K. N.; BIANCHI, M. D.; JUNIOR, J. M. P.; CAFÉ, M. B.; FREITAS, E. R. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 924 -935. 2004.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep. 283p. 2007.

SANTOS, A. S. Utilização da tecnologia NIRS em fábricas de rações. **Nutrition for Tomorrow Alliance**. São Paulo 2011.

SANTOS, Z. A. S.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T. Valor nutricional de alimentos para suínos determinados na Universidade Federal de Lavras. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n.1, p. 232 – 237, 2005.

SAXENA, H. C.; JENSEN, L. S.; MCGINNIS, J. Protein metabolism in chicks fed raw soybean meal. **Poultry Science**, 42:788-790. 1963.

SCOTTÁ, B. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMIDE, A. P. C.; CAMPOS, P. F.; VIEIRA, R. A.; DEMUNER, L. F. Coeficientes de digestibilidade e conteúdo de aminoácidos digestíveis em alimentos proteicos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v.3, n.1, p.151-157. 2013.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**. 42 (1): 13-25. 1963.

SILVA, D. J. **Analises de alimentos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 2002. 235p.

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.

SHURTLEFF, W.; AOYAGI, A. 2009. **History of soybeans and soyfoods in Latin America**. 2009.

SINDIRAÇÕES. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Métodos Analíticos, 2013.

SINDIRAÇÕES. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Métodos Analíticos, 2005.

SWICK, R. A. Soybean Meal: Present Quality and Future Trends. **6th ASA Regional Feed Technology and Nutrition**. Thailand. American Soybean Association. Vol.14. 1998.

THOMAZ, M. C.; SILVEIRA, A. C.; KRONKA, R. N.; KRONKA, S. N.; BUDIÑO, F. E. L. Soja semi-integral extrusada sobre o desempenho de leitões na fase inicial e efeitos residuais nas fases de crescimento e terminação. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, SP, v.26, n.2, 104-112. 2010.

TREVISAN, M. G.; POPPI, R. J. Química analítica de processos. *Química nova*. V. 29, n. 5, p. 1065-1071. 2006.

TUCCI, F. M.; LAURENTIZ, A. C.; SANTOS, E. A. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá. v. 25, n. 1, p. 85 – 89, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Manual de utilização do programa SAEG** Sistema para Análises Estatísticas e genéticas. Viçosa: Imprensa Universitária, 59p. 1999.

VALDES, E.V.; LEESON, S. Near-infrared reflectance analysis as a method to measure metabolizable energy in complete poultry feeds. **Poultry Science**. v.71, p. 1179–87, 1991.

WARD, N. E. Quality considerations for soybean meal. American Soybean Association. **Blairstown Mita**. N. 195. Vol.1. 1996.

WRIGHT, K. N. Soybean meal processing and quality control. **Journal of the American Oil Chemists Society**, 58: 294-300. 1981.

WAGUESPACK, A. M.; POWELL, S.; BIDNER, T. D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Effect of incremental levels of L-lysine and determination of the limiting amino acids in low crude protein corn-soybean meal diets for broilers. **Poultry Science**, v.88, p1216–1226, 2009.