

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Exigência de Treonina Digestível para Frangos de Corte
de Menor Potencial Genético para Crescimento**

Noédson de Jesus Beltrão Machado

2016



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

**EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA FRANGOS DE
CORTE DE MENOR POTENCIAL GENÉTICO PARA CRESCIMENTO**

NOÉDSON DE JESUS BELTRÃO MACHADO

Sob a Orientação da Professora
Cristina Amorim Ribeiro De Lima

e Co-orientação do Professor
Fernando Augusto Curvello

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

Seropédica, RJ
Março de 2016

636.5130852

M149e

T

Machado, Noédson de Jesus Beltrão, 1992-
Exigência de treonina digestível para
frangos de corte de menor potencial
genético para crescimento / Noédson de
Jesus Beltrão Machado. - 2016.
60 f.: il.

Orientador: Cristina Amorim Ribeiro
de Lima.

Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso
de Pós-Graduação em Zootecnia, 2016.

Bibliografia: f. 47-60.

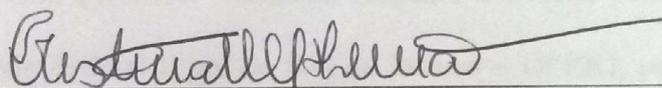
1. Frango de corte - Nutrição -
Teses. 2. Aminoácidos na nutrição animal
- Teses. 3. Frango de corte -
Crescimento - Teses. 4. Aminoácidos -
Metabolismo - Teses. I. Lima, Cristina
Amorim Ribeiro de, 1963- II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Zootecnia. III. Título.

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

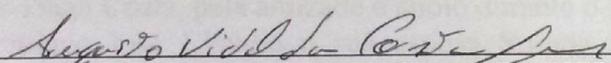
Noédson de Jesus Beltrão Machado

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

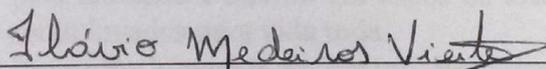
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 03/03/2016



Cristina Amorim Ribeiro de Lima Dr^a. UFRRJ
(Orientadora)



Augusto Vidal da Costa Gomes Dr. UFRRJ



Flavio Medeiros Vieites Dr. UFRRJ

AGRADECIMENTOS

À Deus, Ele que me deu o dom da vida e a graça de poder viver cada instante dela com a certeza da vitória em seu Santo Nome, pois a Ele toda a glória, o louvor, a honra e o domínio.

A minha mãe Edinélia Beltrão, por me amar incondicionalmente, pelos conselhos que sempre estarão comigo e por não medir esforços para o êxito da minha formação acadêmica.

Ao meu pai Antônio Machado, por ser o grande pilar desta família, sempre procurou não deixar faltar nada no meu caminho educacional e pelo exemplo de vida.

A minha irmã Natasha Machado, pelo seu carinho e pela sua compreensão em muitos momentos da minha vida.

A minha esposa Nelma Fragata, a quem conheci e me apaixonei pelo seu caráter e sua personalidade, amor que nasceu do crescimento maduro na amizade e foi fortalecido a cada dia no caminho da fé, amor que transbordou em uma nova vida que você carrega em seu ventre, nosso amado filho Júlio Machado.

Ao Ronner Brasil, irmão que encontrei durante a graduação, pela sua amizade que é refletida desde o primeiro período em momentos compartilhados nos grupos de estudos, viagens, experimentos e descontração.

À professora Dra Cristina Amorim Ribeiro de Lima, pela sua confiança e paciência ao me orientar, pela dedicação dispensada, pelo seu conhecimento científico que me proporcionou grandes aprendizados e por sua amizade.

Ao co-orientador, professor Fernando Augusto Curvello, pelo apoio, ajuda e ensino durante o mestrado.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, pela oportunidade de me profissionalizar.

Ao Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade desse Mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Tiago Costa, pela amizade e apoio durante o curso.

Aos meus amigos José Cláudio e sua esposa Susana Haidamus, casal que Deus colocou em meu caminho para me ajudar e fortalecer nesse período e por todo o aprendizado que vivemos juntos. Também a Débora Costa, Debora Quaresma, Felipe Dilelis, Marcos Nascimento, Cleriston (Tom), Gustavo, Igor, Jessica, e amigos do laboratório de nutrição animal, Marcos e Evandro, pela amizade e auxílio em todos os instantes na condução desse mestrado, são amizades que serão levadas para vida toda.

A Coordenadoria de Produção Integrada ao Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRRJ e ao coordenador Everton Mattos, pelo apoio ao fornecimento dos insumos para os experimentos.

Aos funcionários Roberto, Ismael e Fabinho pelo ajuda na condução dos experimentos.

Aos funcionários Pedro, Valdecir, Cabral, Tinho pelo auxílio nos abates. Aos funcionários Fernando e Luís pela ajuda na fabricação das rações experimentais. A todos os professores do curso de Zootecnia do Instituto de Zootecnia da UFRRJ, que me ajudaram indiretamente.

A todos que passaram pela minha vida durante a jornada do mestrado e deixaram ensinamentos que sempre serão lembrados nas diversas situações encontradas no cotidiano com as pessoas.

RESUMO

MACHADO, Noédson de Jesus Beltrão. **Exigência de treonina digestível para frangos de corte de menor potencial genético para crescimento**. 2016. 69p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Nutrição Animal). Instituto de Zootecnia, Departamento de Nutrição Animal e Pastagem, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

A treonina, terceiro aminoácido limitante para frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, apresenta grande importância na composição do muco intestinal, das enzimas digestivas e na estrutura de anticorpos. Participa na formação de colágeno e de penas, além da síntese protéica muscular. Foram realizados quatro experimentos com o objetivo de estimar as exigências de treonina digestível para frangos de corte de menor potencial genético para crescimento na fase inicial (10 a 28 dias), crescimento I (29 a 49 dias), crescimento II (50 a 69 dias) e final (70 a 84 dias), sendo utilizadas aves diferentes em cada fase estudada. O experimento I foi conduzido em gaiolas metabólicas e os experimentos II, III e IV em galpão experimental. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos e quatro repetições de 10 aves na fase inicial; 22 nas fases de crescimento I e II e 20 aves na fase final. Os tratamentos foram constituídos com valores crescentes de treonina obtidos a partir da adição de L-Treonina (98,5% de pureza) à ração basal, em substituição ao amido de milho, sendo os valores de treonina digestível estudados: fase inicial - 0,622; 0,697; 0,772; 0,847 e 0,922 %; crescimento I - 0,586; 0,662; 0,738; 0,814 e 0,890%; crescimento II - 0,570; 0,640; 0,71; 0,780 e 0,850% e fase final - 0,520; 0,595; 0,670; 0,745 e 0,820%. Foram avaliados os parâmetros de desempenho, características de carcaça, morfometria duodenal e o rendimento bruto de mucina intestinal. As estimativas de exigências nutricionais foram estabelecidas, quando possível, através do estudo do modelo quadrático. Foi encontrado efeito significativo linear para consumo de ração e efeitos quadráticos para ganho de peso e conversão alimentar na fase inicial; e efeitos quadráticos para consumo de ração e conversão alimentar na fase de crescimento I e II. Não foram observados efeitos no desempenho dos frangos na fase final. Houve efeito na altura das vilosidades e profundidade de criptas duodenais em resposta aos crescentes valores de treonina digestível. Em todos os experimentos, o aumento dos valores de treonina resultaram em respostas significativas na produção de mucina bruta intestinal, sendo estimada exigência para a máxima produção em 0,775% na fase inicial, 0,747% na fase de crescimento II e 0,690% na fase final. Podem ser recomendados os valores de 0,890; 0,767%; 0,733% de treonina digestível, respectivamente, para a fase inicial, crescimento I e II com base na melhor conversão alimentar e de 0,694% de treonina digestível para fase final com base na maior produção de mucina intestinal. Para melhor conversão alimentar, se recomenda a relação treonina:lisina digestível de 65,09; 53,17; 74,22% para as fases inicial, crescimento I e II respectivamente, e 72,26% para maior produção de mucina intestinal na fase final. A treonina exerce efeito na altura das vilosidades e profundidades de cripta e na produção de mucina intestinal.

Palavras-chave: Aminoácido, Mucina, Proteína.

ABSTRACT

MACHADO, Noédson de Jesus Beltrão Machado. **Digestible threonine requirement for broilers of low genetic potential for growth**. 2016. 69p. Dissertation (Master in Animal Science, Animal Nutrition). Instituto de Zootecnia, Departamento de Nutrição Animal e Pastagem, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Threonine is the third limiting amino acid for broilers fed corn-based diets and soybean meal, concerning great importance to intestinal mucus composition, digestive enzymes and antibodies structure. Likewise, threonine aids collagen and feathers development as well as muscle protein synthesis. Four experiments were performed in order to estimate threonine requirements to broilers of low genetic potential for growth during initial phase (10-28 days), growing I (29-49 days), growing II (50-69 days) and final phase (70-84 days) using different birds in each trial. The first experiment was led in metabolic cages and experiments II, III and IV in experimental shed. All experiments were conducted in a completely randomized design (CRD) with five treatments and four replicates of 10, 22, and 20 birds in the initial phase, growing I and II, and final phase, respectively. Threonine values increased between treatments from the addition of L-threonine (98.5% purity) in the basal diet, replacing corn starch as follows: initial phase - 0.622, 0.697, 0.772, 0.847 and 0.922%; growing I - 0.586, 0.662, 0.738, 0.814 and 0.890%; growing II - 0.570, 0.640, 0.71, 0.780 and 0.850%; final phase - 0.520, 0.595, 0.670, 0.745 and 0.820%. Performance parameters, carcass characteristics, duodenal morphometry and gross income of intestinal mucin were evaluated. The estimated nutritional requirements were established, when possible, through the quadratic model study. Linear effect was found on feed intake and quadratic effect on weight gain as well as feed conversion at the initial phase. Also, quadratic effect was found on feed intake and feed conversion at the growing phase I and II. No difference was observed to performance of broilers at the final phase. There was effect on duodenal villus height and crypt depth in response to increasing threonine values. For all experiments, increasing threonine values showed significant effects in the production of intestinal crude mucin, which a requirement for maximum production was estimated as 0.775% during initial phase, 0.747% growing II, and 0.690% at the final phase. Values of 0.890, 0.767%, 0.733% digestible threonine might be recommend for initial phase, growing I, and growing II respectively, based on the best feed conversion, and 0.694% of digestible threonine during the final phase based on increased production of intestinal mucin. In order to achieve a better feed conversion, it is recommended threonine : digestible lysine ratio of 65.09%, 53.17%, and 74.22% for initial phase, growing I, growing II, respectively, and 72.26% for improved production of intestinal mucin in the final phase. Therefore, threonine shows an effect on villus height, crypt depth and intestinal mucin production.

Key words: Amino acid, Mucin, Protein.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Rações referências, pré-inicial, inicial, crescimento I e crescimento II.....	12
Tabela 2. Dietas experimentais da fase inicial, crescimento I, crescimento II e final.....	13
Tabela 3. Médias de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os quatros experimentos.....	16
Tabela 4. Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 10 a 28 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	16
Tabela 5. Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 29 a 49 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	21
Tabela 6. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético para crescimento abatidos aos 50 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	25
Tabela 7. Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 50 a 69 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	27
Tabela 8. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético abatidos aos 70 dias de idade dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	31
Tabela 9. Ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 70 a 84 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	34
Tabela 10. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético abatidos aos 85 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.....	36
Tabela 11. Altura das vilosidades e profundidade de cripta (μm) da mucosa duodenal de frangos de corte de menor potencial genético para crescimento em função dos valores de treonina digestível na dieta.....	38
Tabela 12. Produção de mucina intestinal de frangos de corte de menor potencial genético nas fases de crescimento I, II e final em função dos valores de treonina digestível na dieta.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Galpão experimental. B) Pintos alojados no círculo de proteção.....	10
Figura 2. A) Pintos alojados em gaiolas metabólicas. B) Coleta das excretas.....	11
Figura 3. Ganho de peso de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	17
Figura 4. Consumo de ração de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	18
Figura 5. Conversão alimentar de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	19
Figura 6. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	20
Figura 7. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	20
Figura 8. Consumo de ração de frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	22
Figura 9. Conversão alimentar de frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	23
Figura 10. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	24
Figura 11. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível...	24
Figura 12. Peso absoluto de asa de frango de corte abatidos aos 50 dias de idade com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	26
Figura 13. Rendimento de dorso de frangos de corte abatidos aos 50 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	26
Figura 14. Ganho de peso de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	27
Figura 15. Consumo de ração de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	28
Figura 16. Conversão alimentar de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina.....	29
Figura 17. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	30
Figura 18. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.	30
Figura 19. Rendimento de peito de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina.....	32
Figura 20. Rendimento de coxa+sobrecoxa de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	33
Figura 21. Rendimento de asa de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	33
Figura 22. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	35
Figura 23. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	35
Figura 24. Peso absoluto de asa de frangos abatidos aos 85 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	37

Figura 25. Rendimento de coxa+sobrecoxa de frangos de corte abatidos aos 85 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	37
Figura 26. Visualização das vilosidades duodenais (μm) de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	39
Figura 27. Altura das vilosidades duodenais de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	39
Figura 28. Profundidade de cripta duodenal de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	40
Figura 29. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	43
Figura 30. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	43
Figura 31. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	02
2.1 Proteína Ideal.....	02
2.2 Caracterização e Metabolismo da Treonina.....	03
2.3 Intestino Delgado.....	04
2.4 Funções da Treonina.....	05
2.4.1 Muco intestinal.....	05
2.4.2 Sistema imunológico.....	06
2.4.3 Outras funções.....	07
2.5 Exigências de Treonina.....	08
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Local e Período Experimental.....	10
3.2 Tratamentos e Dietas Experimentais.....	10
3.3 Medidas de Desempenho.....	14
3.4 Características de Carcaça.....	14
3.5 Morfometria Duodenal.....	14
3.6 Quantificação da Mucina Intestinal.....	15
3.7 Delineamento Experimental e Análises Estatísticas.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Experimento I – Desempenho dos Frangos na Fase Inicial (10 a 28 dias).....	16
4.2 Experimento II – Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase de Crescimento I (29 a 49 dias).....	21
4.2.1 Desempenho dos frangos.....	21
4.2.2 Características de carcaça.....	24
4.3 Experimento III - Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase de Crescimento II (50 a 69 dias).....	27
4.3.1 Desempenho dos frangos.....	27
4.3.2 Características de carcaça.....	31
4.4 Experimento IV – Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase Final (70 a 84 dias).....	34
4.4.1 Desempenho dos frangos.....	34
4.4.2 Características de carcaça.....	35
4.5 Morfometria da Mucosa Duodenal.....	38
4.6 Quantificação da Mucina Intestinal.....	41
5 CONCLUSÕES.....	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A produção de frangos em sistema semi-confinado ou alternativo à criação de frango convencional, como os coloniais, caipiras, orgânicos e agroecológicos, vem aumentando significativamente em decorrência, principalmente, de um mercado consumidor específico, exigente por produtos com características diferenciadas e com apelo a sustentabilidade ambiental.

A maior parte das pesquisas que avaliaram as exigências nutricionais de frangos de corte foram determinadas utilizando aves de linhagens convencionais, dessa forma, existem poucas informações na literatura sobre as necessidades nutricionais de frangos com menor potencial genético para crescimento. Além disso, as pesquisas sobre exigências de aminoácidos para frangos com diferentes potenciais de crescimento tiveram como principal objetivo a determinação das exigências em metionina ou lisina (primeiro e segundo aminoácido limitante em dietas a base de milho e farelo de soja) sendo raras as referências ao requerimento em treonina.

É fundamental o fornecimento adequado de treonina na alimentação dos frangos, já que é um aminoácido essencial para frangos de corte e o terceiro limitante em dietas a base de milho e farelo de soja. Este aminoácido possui grande importância na produção de muco intestinal, sendo o principal componente das mucinas dessa estrutura. Além disso, participa na síntese proteica muscular e na formação de colágeno, de grande importância na manutenção da integridade da pele e revestimento de algumas estruturas internas.

A deficiência de treonina em dietas para frangos de corte limita o desempenho zootécnico, pode levar a diminuição na produção de muco intestinal e de anticorpos, prejudica o desenvolvimento de estruturas da mucosa intestinal e influencia negativamente a produção de penas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos valores de treonina digestível nas rações de frangos de menor potencial genético sobre o desempenho, características de carcaças, pesos absolutos e relativos de órgãos, morfometria duodenal e quantificação de mucina intestinal em frangos de corte de menor potencial genético para crescimento nas fases inicial (10 a 28 dias), crescimento I (29 a 49 dias), crescimento II (50 a 69) e final (70 a 84 dias).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Proteína Ideal

A proposta inicial do termo proteína ideal foi feita por Mitchel (1964) com o objetivo de otimizar a utilização da proteína e evitar perdas por excesso de nitrogênio (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007). De acordo com os mesmos autores, a proteína ideal pode ser definida como o balanceamento exato, sem excesso ou deficiências, de todos os aminoácidos para a manutenção fisiológica do animal e a maximização da síntese proteica.

De acordo com Faria Filho & Torres (2007) uma das vantagens da proteína ideal, além de evitar os excessos e limitações, é que as relações entre aminoácidos digestíveis e a lisina digestível não são afetadas por fatores que poderiam exercer influências na determinação do aminoácido. Outra vantagem seria a simplificação de formulações de rações (ALBINO et al., 2008). Além disso, formulações com base no conceito de proteína ideal diminuem a excreção de nitrogênio no meio ambiente, pela redução dos excessos de aminoácidos e minimizam o efeito da utilização destes como fonte de energia (SUIDA, 2001)

Para o estabelecimento do conceito de proteína ideal é necessário que todos os aminoácidos estejam expressos em uma relação direta com um aminoácido referência, de forma que se a exigência do aminoácido referência variar, alterações proporcionais serão feitas nos demais aminoácidos (MOURA, 2004).

Nesse contexto, a lisina foi escolhida como aminoácido referência, pois é o segundo aminoácido limitante para frangos de corte em rações a base de milho e farelo de soja; encontra-se disponível na forma cristalina; sua análise laboratorial é simples quando comparado aos demais aminoácidos essenciais; possui metabolismo primário para deposição de proteína e por fim, possui grande quantidade de publicações científicas sobre requerimentos de animais em diversas condições (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

A razão pela qual se estabelece uma relação entre os aminoácidos e a lisina nas formulações de rações, baseia-se no princípio que esta relação permanece inalterada em grande parte, mesmo que fatores genéticos, ambientais ou nutricionais possam interferir nas exigências dos aminoácidos (BAKER e HAN, 1994).

Araújo et al. (2004) afirmam que as proporções dos aminoácidos em relação a lisina, compõem o perfil de aminoácidos e devem ser expressas em aminoácidos digestíveis, pois na inclusão de alimentos alternativos ao milho e a soja, devem ser levados em consideração a diferença na digestibilidade de ingredientes, ou seja, baseando na digestibilidade de seus aminoácidos e não na expressão total do mesmo no alimento.

Para Rostagno et al. (1995) frangos alimentados com dietas formuladas a base de aminoácidos digestíveis, apresentam melhor conversão alimentar e ganho de peso e as rações são economicamente viáveis.

A formulação com base nos aminoácidos digestíveis, já tinha sido proposta por Emmert & Baker (1997), principalmente pela incorporação de aminoácidos industriais nas dietas, pois estes produtos são 100% digestíveis, enquanto que os ingredientes milho e farelo de soja, alimentos mais utilizadas em rações práticas na avicultura, apresentam valores menores de digestibilidade.

Araújo et al. (2004) estudando o desempenho de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas formuladas no conceito de proteína ideal e proteína bruta, concluíram que a dieta formulada no conceito de proteína ideal atendeu melhor as necessidades nutricionais das aves.

Resultados semelhantes foram observados por Toledo et al. (2004), que concluíram que as rações formuladas com o conceito de proteína ideal proporcionaram melhor

desempenho biológico e eficiência produtiva, mesmo custando mais por unidade proteica.

Araújo et al. (2002) estudando o perfil de aminoácido proposto pelo NRC (1994), Rostagno et al. (1992), Degussa (1997), e AEC (1993) no desempenho de frangos de corte de 43 a 56 dias de idade, concluíram que o perfil de aminoácido proposto pela NRC (1994) apresentou os piores resultados zootécnicos.

A treonina, terceiro aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja, exerce grande importância na composição do perfil de aminoácido, sendo este um dos principais influenciados pelos fatores ambientais e valores de proteína bruta da dieta (HACKENAAR & LEMME, 2005) o que pode levar a alterações no valor da sua relação com a lisina.

Atencio et al. (2004) concluíram uma relação treonina:lisina digestível, dentro do perfil de aminoácidos, de 67% na fase inicial, e na fase de crescimento e final de 60%. Já Bernal (2004) recomenda uma relação de 70% na fase inicial (1-20 dias) e de 65% dos 38 aos 45 dias de idade.

A Tabela Brasileira de Aves e Suínos da Universidade Federal de Viçosa (Rostagno et al., 2011), no perfil de aminoácido para proteína ideal, estabelece uma relação treonina:lisina digestível de 65% para as fases inicial e de crescimento. Bernardino et al. (2012) encontraram um relação treonina:lisina digestível inferior ao mencionados anteriormente, recomendados pelos autores o valor de 55%.

2.2 Caracterização e Metabolismo da Treonina

A treonina foi identificada na década 30 e recebeu esse nome em virtude da sua similaridade com a estrutura química da treose. É caracterizada como um aminoácido polar, de cadeia hidrofílica, baixo peso molecular e devido ao seu grupo hidroxila, esta pode formar ligações com água e hidrogênio, contribuindo com a solubilidade das proteínas, juntamente com a serina (NERY, 2009; UMIGI, 2009).

Em virtude de sua estrutura possuir carbono assimétrico, esta pode apresentar diferentes estereoisômeros, existindo dessa forma, quatro isômeros ópticos possíveis: a L e D treonina e L e D alotreonina (DE BLAS et al., 2000). Entretanto, a treonina não pode ser transaminada no trato digestivo das aves por não possuir complexo enzimático específico o que impossibilita a transformação dos isômeros D em isômeros L (BERRES, 2006). Dessa forma, os animais não conseguem utilizar a forma D-isômero e alfa-cetoácido, pois a D-treonina não possui eficiência biológica (D'MELLO, 1994).

O metabolismo do aminoácido envolve a síntese e degradação de proteína; incorporação de nitrogênio oriundos dos aminoácidos em ácido úrico; conversão de esqueleto de carbono de aminoácidos em glicose, gordura ou energia; formação de derivados não protéicos (LELIS, 2010).

A degradação da proteína tem início efetivo no proventrículo, ocorrendo a quebra parcial da molécula de proteína a partir das concentrações de ácido clorídrico e de pepsina (enzima digestiva) presente nesse ambiente (CUPERTINO et al., 2006). Esta enzima leva a desnaturação das proteínas dietéticas, liberando as estruturas terciárias para melhor ação das enzimas proteolíticas tanto na moela como no intestino delgado (RUTZ, 2002).

Os aminoácidos e peptídeos são capturados por diferentes transportadores e então absorvidos pelas células intestinais. A maioria dos peptídeos é hidrolisado por peptidases, resultando na liberação de AAs na corrente sanguínea, que serão transportados até o fígado para serem metabolizadas (KREHBIEL & MAT THEWS, 2003).

Os coeficientes de digestibilidade da treonina geralmente são mais baixos quando comparados à lisina, principalmente em decorrência da sua hidrólise ser mais lenta (DE BLAS et al., 2000), ou pela sua elevada concentração na mucina no intestino delgado

(FULLER et al., 1994). Essa baixa digestibilidade acarreta também em uma absorção mais lenta, entretanto esta propriedade a torna eficiente na composição de mucinas, substâncias de proteção do trato gastrointestinal contra ação das próprias enzimas digestivas (BURACZEWSKA ET AL. et al., 2006).

As enzimas que agem diretamente no metabolismo da treonina são: treonina desidratase; treonina desidrogenase e treonina aldolase (BERNARDINO, et al. 2011). O seu catabolismo pode ser classificado em duas vias: uma via de glicina dependente ou glicina independente, pois a ação da enzima treonina desidrogenase e treonina aldolase têm como produto final a Acetil-CoA + Glicina e Glicina + acetaldeído, respectivamente, enquanto que a ação da enzima treonina desidratase possui como produto final o propionil-CoA, não ocorrendo produção de glicina. (HOUSE et al., (2001).

De acordo com Nelson e Cox (2002) a treonina pode ser um dos cinco aminoácidos que quando degradados formam succinil-CoA ou propionil-CoA, sendo que tais produtos podem participar diretamente no ciclo de Krebs.

2.3 Intestino Delgado

O intestino delgado é a fração com maior tamanho quando comparado a todos os órgãos do sistema digestivo, responsável pelos processos de digestão e absorção dos nutrientes, contendo, basicamente, três tipos de células: as células caliciformes, os enterócitos e células enteroendócrinas (BOLELI et al., 2002).

É fundamental a compreensão dessas diferentes estruturas celulares para o entendimento das relações na digestão e absorção de nutrientes e suas influências nas vilosidades e produção de muco. As células caliciformes são em formato de cone invertido, sendo glandular e está presente nos revestimentos internos, tendo um núcleo oval na região basal e na região apical possui diversos grânulos secretores (MACARI et al., 2002).

Já os enterócitos tem formato colunar e apresentam microvilosidades em suas regiões apicais, sendo estas células responsáveis pela digestão e transporte dos nutrientes ao sistema sanguíneo, enquanto que as células enteroendócrinas estão situadas na base do vilos, sem formato específico e são responsáveis pela produção de hormônios como a gastrina e a colecistocinina (ARTONI et al., 2014).

Os processos de absorção dos nutrientes no intestino delgado são altamente dependentes da mucosa intestinal, uma vez que as unidades básicas dos nutrientes serão absorvidos pelas células presentes nessa estrutura, ou seja, a integridade das células que compõem a mucosa intestinal é fundamental para a absorção desses nutrientes (CASTRO, 2005).

Diversas alterações morfológicas e químicas são observadas no intestino delgado enquanto pintos, alterações que podem ir até 14 dias de idade, ocorrendo nas primeiras 24 horas de vida alterações consideradas drásticas (GEYRA et al, 2001), essas alterações acontecem como desenvolvimento do intestino diante das necessidades inerentes aos comportamentos fisiológicos da ave adulta. Isso ocorre para que haja produção e maturação das células caliciformes, enterócitos e das células enteroendócrinas.

Fator muito importante nesse desenvolvimento está no aumento das alturas das vilosidades e profundidades de criptas (SKLAN et al., 2001) e aumento das densidades de células caliciformes (UNI et al., 2003).

As vilosidades ou vilos são dobras microscópicas presentes nas células da mucosa intestinal e tem o objetivo de aumentar a superfície de contato entre as células e a digesta, e quanto maior for o tamanho dessas vilosidades maior será a área de absorção (MACARI & MAIORKA, 2000).

O crescimento das vilosidades e criptas esta associado primeiramente a dois eventos,

as perdas e a as renovações celulares, também chamados de *turnover*, o que faz com que o trato gastrointestinal de um modo geral tenha uma alta taxa de renovação celular quando comparados com outros tecidos do corpo da ave (PIRES, 2008). Destaca-se ainda que ocorre um processo de extrusão nos ápices dos vilos e que o equilíbrio entre as perdas e renovação celular bem como nas taxas de extrusões, determina a manutenção das vilosidades intestinais (BOARO, 2009).

A região do duodeno é a que apresenta maior altura das vilosidades e estas são mais digitiformes (YAMAUCHI & ISSHIKI, 1991) quando comparados com jejuno e íleo. Essas vilosidades são fundamentais também, pois apresentam em sua extensão as células caliciformes que secretam muco intestinal (MORI, 2008).

Esses vilos tem um grande crescimento quando as aves jovens passam a ingerir alimento exógeno, ocasionado principalmente por uma hiperplasia celular dos enterócitos, ocorrendo também aumento no tamanho das criptas, que pode elevar em até 20% o peso do trato gastrointestinal (ARAÚJO et al., 2004).

De acordo com Pluske et al. (1997) quanto maior é o valor de profundidade da cripta intestinal maior será a possibilidade de proliferação celular, garantido uma ótima taxa do *turnover* celular nessa região, tornando das criptas intestinais um parâmetro importante para se avaliar a saúde intestinal e as condições morfológicas do intestino.

2.4 Funções da Treonina

2.4.1 Muco intestinal

Este aminoácido desempenha várias funções no organismo animal, sendo o principal componente do muco intestinal e secreções digestivas (LENSING et al., 2007). O muco presente no intestino é muito importante para manter a integridade da mucosa intestinal, na proteção contra ação mecânica e infecções, ao impedir diretamente o contato de microrganismos com as células intestinais, auxiliando também na lubrificação do intestino (MAIORKA, 2004).

Este muco é composto de 95% de água e 5% de mucinas, sendo a treonina o componente mais abundante das mucinas (NOGUEIRA, 2006) seguida por serina e prolina (CARVALHO, 2009), sendo a síntese e secreção dessas mucinas feita pelas células caliciformes do epitélio intestinal, as quais equilibram a produção de muco.

De acordo com Lima Neto et al. (2010) a treonina representa 40% dos resíduos de proteínas nas moléculas de glicoproteínas presentes no muco intestinal. Além disso, participa na formação de enzimas digestivas representando aproximadamente 5 a 11% dos resíduos de aminoácidos (CARVALHO, 2009).

As mucinas são glicoproteínas altamente glicosiladas que são produzidas pelas células caliciformes presentes nas membranas intestinais (TSIRTSIKOS et al., 2012). A glicosilação das cadeias laterais dos hidratos de carbono são compostos de N-acetil-glucosamina (GlcNac), N-acetil-galactosamina (GalNac), galactose (Gal), frutose (Fuc), ácido N-acetil-neuramínico (NeuAc) e ésteres de sulfatos (ALLEN e PEARSON, 1993).

Essas glicoproteínas podem ser classificadas de três formas de acordo com seu padrão de coloração bioquímica: mucinas neutras, mucina com constituintes de ácidos siálico e mucinas contendo sulfatos (FILIPE, 1979). Essas diferenciações se observam desde o desenvolvimento embrionário, na qual aos 17 dias de incubação foram observados presença de mucina intestinal somente do tipo acídica, enquanto que após a eclosão e até sete dias de idade foram encontradas mucinas acídicas e neutras (SMIRNOV et al., 2006).

As mucinas são os principais constituintes do muco intestinal (MONTAGNE et al., 2004) e são proteínas ricas em treonina, prolina e serina, sendo que a treonina representa de

28 a 40% do total de aminoácidos encontrados nesta estrutura (ABASSI et al., 2014).

De acordo com Forstner & Forstner (1994) essa camada de muco atua como primeira linha de defesa entre o meio externo, ou seja o lúmen intestinal, e o meio interno, representado pelas células da mucosa, pois conforme relata Honda & Takeda (2009) juntamente com esse muco são secretadas células de defesa (IgA) que auxiliam no equilíbrio intestinal.

Um dos principais objetivos da mucina intestinal é aproximar os nutrientes das superfícies que absorverão esses nutrientes, bem como proteger as enzimas ligadas a mucosa contra ação de enzimas pancreáticas (BOARO, 2009). Também tem função de manutenção da camada da mucosa para lubrificação do trato gastrointestinal (BAURHOO et al., 2009), além de proteção a danos mecânicos e restrição, associados ao glicocálix, presente nas vilosidades intestinais a difusão de compostos com peso molecular elevado (BOARO, 2009). As mucinas estão constantemente em processo de degradação e síntese (MONTAGNE et al., 2004) isso ocorre pelo fato de apresentarem a alta taxa de *turnover*.

Além disso, diversos fatores podem afetar a degradação e a produção de mucina intestinal, destacando-se fatores dietéticos como a fibra e o fitato que podem aumentar a produção de mucina intestinal (COWEISON et al., 2004). Doenças inflamatórias, como colite ulcerativa podem levar ao aumento na síntese (CORFIELD et al., 2000). Alterações na microflora podem afetar não só a dinâmica, mas também os tipos de secreção de mucina (LU et al., 2003). Além de fatores anti-nutricionais que podem aumentar a abrasividade com a camada da mucosa intestinal (MONTAGNE et al., 2000) e as densidades das células caliciformes (SMIRNOV et al., 2006)

É evidente a importância da utilização de treonina pelos órgãos drenados pelo sistema portal, isso se torna proeminente ao se observar o metabolismo desses órgãos, pois de acordo com Stoll (2006) o estômago, intestinos, pâncreas e baço corresponde em média a apenas 4-6% da massa corporal, entretanto, esse órgão são responsáveis por até 35% de toda proteína do corpo.

A regulação das mucinas é muito dinâmica e ainda pouco compreendida, porém de acordo com Thai et al., (2008) evidências científicas indicam que essa expressão de mucinas é controlada principalmente por transcrição ou por sistemas regulatórios da epigenética.

Já foram identificados 20 genes que estão relacionados a produção de mucinas intestinais, que foram chamados de MUC, sendo denominadas de MUC1 ao MUC20 de acordo com sua ordem de descoberta, sendo classificadas em dois tipos, secretoras e associadas a membrana, sendo exemplos de secretoras MUC2, MUC5AC, MUC5B e MUC6 (KIM & HO, 2010). Porém no intestino delgado e grosso o MUC2 é o principal gene responsável pela síntese de mucina que compõem o muco (HOLLINGSWORTH & SWANSON., 2004).

Esse MUC2 é um polipéptido que contém aproximadamente 23 aminoácidos, sendo rico em treonina e prolina, na qual este gene é fortemente glicosilado, além de possuir domínios de cisteína (GUM JUNIOR, 1995).

Diante disso, observa-se a importância da treonina na funcionalidade dessas estruturas, sendo este aminoácido necessário para a homeostase intestinal (AZZAM et al., 2011).

2.4.2 Sistema imunológico

O sistema imunológico dos frangos tem por finalidade proteger o organismo contra agentes patogênicos, auxiliando na manutenção da homeostasia do animal, sendo que alterações nesse sistema em decorrência de ativação imunológica acarretará em maior consumo de recursos orgânicos (KLASING & KOVER1997).

Nas aves, o sistema imunológico pode ser classificado em dois segmentos: o sistema linfóide primário, caracterizado pela medula óssea, bursa de Fabrício e o timo; e o sistema

secundário, associado à ação do baço e tecidos linfóides (glândula de Harder, divertículo de Meckel e tecidos ligados aos brônquios) (SCOTT, 2004; OLÁH & VERVELDE, 2008).

Diante da importância desse sistema para o desenvolvimento animal, é fundamental o conhecimento das interações nutricionais e humorais, pois em condições de repouso o sistema imunológico utiliza poucas reservas orgânicas, entretanto, essa condição pode ser alterada demandando desvio de nutrientes que poderiam ser utilizados na produtividade animal (FIGUEREDO, 2006)

Há evidências de que a treonina pode afetar diretamente o sistema imunológico animal (Li et al., 2007), de forma que muitos autores (TIBALDI & TULLI, 1999; SILVA et al., 2006) afirmam que a treonina pode ser o primeiro aminoácido a limitar a produção de anticorpos.

A treonina possui importante função no sistema de defesa do animal, uma vez que este aminoácido é encontrado em elevadas concentrações nas estruturas dos anticorpos (NOGUEIRA, 2006), principalmente nas imunoglobulinas (NERY, 2009), que são produzidas nos linfócitos B e possuem ação de combate a antígenos específicos.

Dentre as imunoglobulinas presentes nas aves se destacam as IgM, IgY, e IgA (ALMEIDA et al., 2013), sendo a IgA o principal anticorpo presente em mucosas e IgY o principal no soro, correspondendo a aproximadamente 75% (TIZARDI, 2010). A treonina se destaca especialmente como o principal componente das gamas-globulinas que estão presentes no plasma sanguíneo (KIM et al., 2007).

A composição da treonina nessas estruturas celulares pode chegar a 10,7%, seguida de lisina (6,8%), arginina (5%), cistina (3,5%) e isoleucina (3,2%) (BOWLAND, 1996).

Aumento nos valores de treonina nas dietas acarretou na elevação da produção de anticorpos, principalmente nas concentrações de IgG e IgA na mucosa de suínos jovens desafiados com *Escherichia coli* (WANG et al., 2006).

Corzo et al. (2007) concluíram que a exigência de treonina variou de 0,71 a 0,74% para frangos de corte de 21 a 42 dias criados em ambiente com cama nova, resultando em relações de treonina:lisina digestível de 63 a 65% de acordo com diferentes parâmetros, quando comparados com os frangos que foram criados em cama reutilizada, na qual a exigência variou de 0,73 a 0,78%, resultando em relações de treonina:lisina digestível de 65 a 70%, mostrando que frangos criados em desafio podem ter suas exigências alteradas.

Apesar de peso de órgãos linfóides, como baço, timo e bursa de Fabrício, serem um parâmetro imunológico de frangos (POPE, 1991), pois podem ser utilizados como uma estimativa da avaliação da resposta do sistema da ave a situações externas (REVIDATTI et al., 2002), Corzo et al., (2007) não identificaram diferenças significativas nos pesos desses órgãos de frangos alimentados com diferentes concentrações de treonina nas dietas.

2.4.3 Outras funções

A treonina exerce importância como precursora da glicina e da serina no metabolismo do animal. O mecanismo envolvido nessa síntese ainda não está bem elucidado, porém assume-se muitas vezes com uma associação com a treonina aldolase hepática para essa conversão, sendo esta via muito observada no fígado de aves (BIRD et al., 1984)

A obtenção dessa glicina, a partir de ações enzimáticas que oxidam a treonina, pode ser utilizada como fonte energética, na excreção de nitrogênio (AKAGI & OHMORI, 2004) ou na síntese proteica de serina, sais biliares e glutatona (BERNARDINO et al., 2011).

A treonina tem papel fundamental no desenvolvimento das penas onde pode participar até de 5% do conteúdo de proteína bruta, sendo que Kidd (2000) afirma que junto com a serina podem representar 20% dos resíduos proteicos nas penas.

De acordo com Dozier III et al. (2000) afirma que as penas podem apresentar até 90%

da composição em proteína bruta, mostrando que aminoácidos importantes para a composição das penas podem influenciar, mesmo de que forma mínima, no peso vivo do frango.

De acordo com Moore et al. (2006), dos 90% da composição proteica das penas está sob forma de queratina. Esses compostos são polipeptídios formados por uma cadeia de aminoácidos, tendo grande concentração e de resíduos de cisteína (ONIFADE et al., 1998), formando uma estrutura bastante rígida e fundamental para o frango.

A produção total de penas de um frango pode representar de 5 a 7% do peso vivo (MARTELLI, et al., 2006), mostrando a importância do fornecimento adequado de aminoácidos para essas estruturas. Pois, uma vez que houve assimilação desses compostos nas penas, ausências de *turnover* não permite a reutilização desses aminoácidos pelo organismo do frango (STILBORN et al., 1997).

É fundamental também no organismo animal para a síntese de tecido muscular (NERY, 2009) e auxilia na formação de colágeno (SÁ et al., 2007).

2.5 Exigência de Treonina

O NRC (1994) recomenda valores de treonina total para frangos de corte de 0,80; 0,74 e 0,68% para as fases de 1 a 21, 22 a 42 e 43 a 56 dias de idade respectivamente, para dietas com 3200 kcal de energia metabolizável. Já Rostagno et al. (2011) sugerem a exigência nutricional de treonina digestível para frangos de corte em 0,852; 0,762; 0,701; 0,656 e 0,608% para as fases 1 a 7, 8 a 21, 22 a 33, 34 a 42, 43 a 46 dias, respectivamente, para frangos de desenvolvimento regular.

Estudando a exigência de treonina em frangos de corte da fase de 22 aos 42 dias de idade, Soares et al., (1999) encontrou valores de treonina digestível de 0,57% e treonina total de 0,67%. Entretanto Duarte et al., (2012) identificaram que o nível de 0,7642% de treonina digestível promoveu melhores resultados de conversão alimentar e conseqüentemente ganho muscular à uma relação de treonina:lisina digestível de 71,19% para a mesma fase.

Avaliando a exigência de treonina e a relação treonina:lisina em frangos de corte para as fases de 1 a 20, 24 a 38 e 44 a 56 dias, Atencio et.al., (2004) verificaram que a exigência na fase de 1 a 20 dias foi de 0,777%, correspondendo a uma relação de treonina:lisina de 67%, já para a fase de 24 a 38 dias foi de 0,637% à uma relação de 60% e por fim para a fase de 44 a 56 dias foi determinada uma exigência de 0,565% com uma relação de treonina: lisina também de 60%.

As variações encontradas nas exigências de treonina em frangos de corte podem ser explicadas pelo fato desta ser afetada por diversos fatores como: idade, sexo, linhagem, alimentação e condições ambientais, que podem agir individualmente ou em conjunto (GERAERT et al., 1996).

A treonina é muito importante no acabamento da ave na fase final (DOZIER III et al., 2000), já que este aminoácido torna-se muito importante com o avanço da idade das aves, pois a proporção da exigência deste para manutenção torna-se mais elevada (SÁ et al., 2007).

As diferentes exigências entre os sexos são reportadas por Penz et al., (1991) que identificaram níveis de 0,68 e 0,60% de treonina total para frangos de corte machos e fêmeas, respectivamente, em rações com 20% de proteína bruta. Dozier et. al., (2001) que estudaram as exigências de treonina em frangos de corte machos e fêmeas no período de 42 a 56 dias de idade concluíram que para a maximização do ganho de peso a exigência para machos é de 0,74% e de 0,63% para fêmeas.

Ao estudar diferentes perfis de aminoácidos, com diferentes exigências de treonina para frangos de corte Araújo et al. (2002) identificaram diferenças entre linhagens. Essas diferenças entre linhagens são evidenciadas em aves de postura, sendo que Sá et al., (2007) identificaram a exigência de 0,510% para poedeiras leves e 0,517% para poedeiras

semipesadas.

Em condições de estresse pelo calor Gonzalez-Esquerria & Lesson (2005) afirmam que os frangos diminuem sua ingestão para manter a homeostase, sendo necessário um ajuste na formulação das rações. Em seu estudo Dozier III et al., (2000) identificaram que frangos criados em ambientes com temperaturas elevadas tiveram suas exigências alteradas, sendo esta de 0,67% para melhor conversão alimentar. Entretanto Ojano- Dran & Waldroup (2000) avaliando dois níveis de treonina (0,78 e 0,87%) na alimentação de frangos de corte com seis semanas de idade e criados em condições de estresse pelo calor, não encontraram efeitos significativos para ganho de peso e rendimento de carcaça, sugerindo que os níveis recomendados pelo NRC (1994) sejam adequados para essa situação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Período Experimental

Todos os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro com número do protocolo 23083.011134/2014-02.

Foram conduzidos quatro experimentos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizado no município de Seropédica – RJ, latitude 22° 45', longitude 43° 41' W, no período de 29 de junho a 21 de setembro de 2015, sendo o experimento I com o objetivo de avaliar o desempenho de frangos na fase inicial (10 a 28 dias) o qual foi realizado no laboratório de Metabolismo Animal do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, e os experimentos II, III e IV com o objetivo de avaliar o desempenho de frangos e características de carcaça nas fases de crescimento I (29 a 49 dias), crescimento II (50 a 69 dias) e final (70 a 84 dias), conduzidos em galpão experimental (Figura 1A) no setor de avicultura da referida instituição.

Foram adquiridos 1800 pintos de corte, machos, da linhagem Redbro Plumé, vacinados contra Marek, Bouda aviária e Gumboro.

Durante o experimento foram utilizados dois galpões, sendo um convencional e um experimental. Ambos de alvenaria, piso de cimento, telado, com cortinas laterais e coberto com telhas de barro, sendo que o galpão experimental possuía 20 boxes de 16 m² cada, provido de comedouros tubulares e bebedouros pendulares.

Inicialmente os pintos foram alojados em círculos de proteção (Figura 1B), sobre cama de maravalha, contendo bebedouros infantis e comedouros tipo bandeja e campânula à gás para o aquecimento. Aos 10 dias foi aberto completamente o círculo de proteção.



Figura 1. A) Galpão experimental. B) Pintos alojados no círculo de proteção.

3.2 Tratamentos e Dietas Experimentais

No início de cada experimento as aves foram pesadas para a obtenção do peso médio do lote sendo selecionados aqueles mais uniformes. Para o experimento I, foram transportados 200 pintos para o laboratório de Metabolismo Animal, sendo esses alojados em gaiolas metabólicas (Figura 2A), para realização de coleta das excretas (Figura 2B). Para os experimentos II, III e IV foram transferidos do galpão convencional para o galpão experimental um total de: 440 frangos no experimento II e III e 400 frangos no experimento

IV.

O galpão experimental continha em 20 boxes, cada um medindo 4,0m x 5,0m, com um bebedouro pendular e dois comedouros tubulares, e com piso recoberto com maravalha de madeira (± 8 cm de espessura).



Figura 2. A) Pintos alojados em gaiolas metabólicas. B) Coleta das excretas.

Foram utilizados frangos diferentes em cada experimento, sendo que os frangos utilizados no experimento II, III e IV antes de serem transferidos para o galpão experimental receberam rações referências, formuladas para atender suas exigências de acordo com o proposto por Rostagno et al. (2011) (Tabela 1).

Tabela 1. Rações referências, pré-inicial, inicial, crescimento I e crescimento II.

	Pré-inicial (01 a 09)	Inicial (10 a 28)	Cresc. I (29 a 49)	Cresc. II (50 a 69)
Ingredientes	Quantidade (%)			
Milho grão (7,73% PB) ¹	52,259	59,356	62,298	65,051
Soja farelo (46,26% de PB) ¹	41,233	33,826	32,389	29,568
Óleo de soja	2,315	2,138	2,226	2,458
Fosfato bicálcico	1,881	1,536	1,169	1,094
Calcário calcítico	0,956	1,864	0,789	0,655
Sal Comum	0,508	0,482	0,457	0,473
DL-Metionina	0,329	0,273	0,243	0,254
L-Lisina HCL	0,193	0,210	0,150	0,182
Mistura vitamínica ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura Mineral ³	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Treonina	0,064	0,053	0,029	0,025
Cloreto de Colina	0,062	0,062	0,050	0,040
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes	Composição calculada (%)⁴			
Proteína Bruta	23,60	20,70	20,00	18,28
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2925	2980	3050	3100
Fósforo Disponível ⁵	0,390	0,390	0,350	0,325
Cálcio ⁶	1,160	1,160	0,780	0,690
Cloro	0,354	0,339	0,325	0,324
Potássio	0,906	0,791	0,773	0,626
Sódio	0,220	0,210	0,200	0,195
Ácido Linoleico	2,582	2,558	2,647	2,298
Metionina+ Cistina Digestível	0,945	0,828	0,773	0,710
Metionina Digestível	0,635	0,548	0,504	0,320
Lisina Digestível	1,325	1,159	1,062	0,995
Treonina Digestível	0,858	0,749	0,681	0,648
Valina Digestível	0,993	0,869	0,827	0,760
Leucina Digestível	1,802	1,626	1,550	1,491
Triptofano Digestível	0,265	0,225	0,188	0,180

¹Valor determinado no laboratório de Nutrição Animal do DNAP/IZ.

²Níveis de garantia por kg de produto: Vit. A (mim) 12.000.000 UI; Vit D3: 2.250.000 UI; Vit E (mim): 25.000 UI; Vit K3 : 3.000 mg; Vit B1 tiamina: 2.400 mg; Vit B2 riboflavina: 12 g ; Vit B6 (piridoxina): 2.000 mg ; Vit B12 (mim): 24.000 mg; Niacina (mim): 42 g; Pantotenato de cálcio: 15 g; Ác. fólico: 1.800 mg; BHT 50 mg; Biotina: 180 mg; Selênio: 180 mg.

³Níveis de garantia por kg de produto: Ferro: 50 g; Cobre: 8.500 mg; Cobalto: 1.000 mg; Manganês: 70 g; Zinco: 60 g; Iodo: 1000 mg.

⁴Tabelas brasileiras para aves e suínos.

^{5,6}Pinheiro et al. (20011a, 2011b).

Em cada experimento foram avaliadas cinco dietas experimentais destinadas aos tratamentos com diferentes valores de treonina digestível, sendo as dietas formuladas de forma a atender as exigências nutricionais para frangos de corte de desempenho regular de acordo com Rostagno et al. (2011), exceto para cálcio e fósforo que seguiram recomendações de Pinheiro et al. (20011a) e Pinheiro et al. (2011b), e treonina digestível e proteína bruta.

Para todos os experimentos, os tratamentos foram constituídos com valores crescentes de treonina, obtidos a partir da adição de L-Treonina (98,5% de pureza) à ração basal

(Tabela 2), em substituição ao amido de milho, sendo os tratamentos: experimento I (fase inicial) 0,622; 0,697; 0,772; 0,847 e 0,922% de treonina digestível; experimento II (fase de crescimento I) 0,586; 0,662; 0,738; 0,814 e 0,890% de treonina digestível; experimento III (fase de crescimento II) 0,570; 0,640; 0,710; 0,780 e 0,850% de treonina digestível e por fim, experimento IV (fase final) 0,520; 0,595; 0,670; 0,745 e 0,820% de treonina digestível.

Tabela 2. Dietas experimentais da fase inicial, crescimento I, crescimento II e final.

	Inicial (10 a 28)	Cresc. I (29 a 49)	Cresc. II (50 a 69)	Final (70 a 84)
Ingredientes	Quantidade (%)			
Milho grão (7,73% PB) ¹	65,838	69,538	70,958	74,917
Soja farelo (46,26% de PB) ¹	27,772	25,141	23,655	19,859
Óleo de soja	0,857	0,706	1,365	1,033
Fosfato bicálcico	1,586	1,232	1,245	1,277
Amido de milho	0,600	0,700	0,700	0,700
Calcário calcítico	1,869	0,842	0,843	0,847
Sal Comum	0,481	0,456	0,443	0,437
DL-Metionina	0,331	0,287	0,240	0,281
L-Lisina HCL	0,411	0,838	0,301	0,384
Mistura vitamínica ²	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura Mineral ³	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina	0,055	0,050	0,040	0,040
BHT (Butil hidroxitolueno)	-	0,010	0,010	0,010
L-Triptofano	-	-	-	0,015
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes	Composição calculada (%)⁴			
Proteína Bruta	18,58	18,00	16,93	15,60
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2980	3050	3100	3.125
Fósforo Disponível ⁵	0,390	0,350	0,325	0,325
Cálcio ⁶	1,160	0,780	0,780	0,690
Cloro	0,340	0,326	0,318	0,315
Potássio	0,699	0,661	0,638	0,580
Sódio	0,210	0,200	0,195	0,192
Ácido Linoleico	1,955	1,923	2,283	2,150
Metionina+ Cistina Digestível	0,835	0,773	0,713	0,722
Metionina Digestível	0,582	0,529	0,477	0,502
Lisina Digestível	1,170	1,442	0,987	0,960
Treonina Digestível	0,622	0,590	0,570	0,520
Leucina Digestível	1,489	1,437	1,402	1,315
Triptofano Digestível	0,194	0,180	0,174	0,167

¹Valor determinado no laboratório de bromatologia do Instituto de Zootecnia da UFRRJ.

²Níveis de garantia por kg de produto: Vit. A: 6000000 UI; Vit D3: 2000000 UI; Vit E: 12000 mg; Vit K3 : 800 mg ; Vit B1: 1000 mg ; Vit B2 : 4500 mg ; Vit B6 : 1500 mg ; Vit B12: 12000 mg; niacina: 30000 mg; pantotenato de cálcio: 10000 mg; ác. fólico: 550 mg; biotina: 50 g; antioxidante: 5000 mg; excipiente q.s.p.: 1000 g .

³Níveis de garantia por kg de produto: ferro: 60000 mg; cobre:13000 mg; manganês: 120000; zinco: 100000 mg; iodo: 2500 mg; selênio: 500 mg e excipiente q.s.p.: 1000 g

⁴Tabelas brasileiras para aves e suínos.

^{5,6}Pinheiro et al. (20011a, 2011b).

O fornecimento de água e ração foi à vontade e o programa de iluminação seguiu recomendações da Instrução Normativa Nº. 17, com 16 horas de luz (natural + artificial) e 8 horas de escuro (BRASIL, 2014).

3.3 Medidas de Desempenho

Em cada experimento, os parâmetros avaliados foram ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, ingestão de treonina, eficiência da utilização de treonina e viabilidade. Ao final de cada período experimental (fase) os frangos foram pesados para a obtenção do ganho de peso pela diferença do peso médio final e o peso médio inicial.

O consumo de ração foi obtido pela divisão entre o consumo total da unidade experimental e o número de aves alojadas nesta unidade.

A conversão alimentar foi obtida pela razão entre o consumo médio de rações e o ganho de peso das aves.

O consumo de treonina foi calculado a partir do consumo de ração médio multiplicado pelo valor de treonina digestível, e a eficiência de utilização de treonina obtida pela divisão do ganho de peso médio pelo valor do consumo de treonina digestível.

A viabilidade foi calculada pela relação entre o número de aves vivas ao final de cada período experimental e o número de aves alojados no início do experimento.

3.4 Características de Carcaça

Ao final de cada experimento, exceto para o experimento I, os frangos foram submetidos a jejum de oito horas e após serem pesados, foram retirados quatro aves por repetição com peso médio representativo da unidade experimental, totalizando 16 aves por tratamento. Os frangos foram abatidos por deslocamento cervical e realizado sangria, sendo escaldados, depenados e eviscerados. Em seguida, foram submetidos a um processo de pré-resfriamento, sendo realizado o gotejamento por cinco minutos para reduzir o excesso de água absorvida na etapa anterior.

As carcaças foram então pesadas e avaliados os pesos absolutos e rendimentos de carcaça, peito, asa, coxa+sobrecoxa. O cálculo do rendimento de carcaça foi realizado com base no peso vivo após o jejum e o peso da carcaça resfriada, eviscerada, sem cabeça e sem pés. Os rendimentos dos cortes foram calculados com base no peso da carcaça resfriada, sendo avaliados também os pesos absolutos e relativos das vísceras comestíveis (moela, fígado e coração) e da gordura abdominal.

3.5 Morfometria Duodenal

Foram coletados intestinos delgados de oito aves por tratamento, totalizando 40 coletas, de frangos do experimento IV com peso médio representativo. Após os intestinos terem sido higienizados, foram colhidas duas amostras da porção do duodeno medindo aproximadamente cinco centímetros que foram fixadas em solução de formol (5%).

As amostras foram desidratadas, diafanizadas em xilol e infiltradas com resina, cortadas em micrômetro com uma espessura de 0,5µm sendo dispostos em lâminas de vidro. A seguir foram coradas com Hematoxilina e Eosina e cobertos com lamínulas de vidros para análise da altura do vilosidade e profundidade da cripta em microscópio. Para captação das imagens utilizou-se microscópio binocular (Carl Zeiss) em objetiva 40x, acoplado de ocular micrométrica K015x-PZO (Polônia) para realização das mensurações, sendo realizadas 30 medidas por repetição. Os valores foram expressos em micrômetros.

3.6 Quantificação da Mucina Intestinal

Concomitante a realização dos experimentos no setor de avicultura, 40 frangos (na fase de crescimento II e final) foram transferidos para gaiolas metabólicas do laboratório de Metabolismo Animal, sendo duas aves por repetição (gaiola). Esses animais receberam as mesmas dietas utilizadas no experimento em galpão com mesmo número de repetições. Para a fase inicial essa transferência não foi realizada, pois não houve experimento em galpão, sendo realizada diretamente nas gaiolas.

O período total correspondeu ao período da fase estudada. Sendo o período de coleta nos últimos três dias de cada experimento, considerando os dias anteriores como período de adaptação das aves a alimentação e as gaiolas. As aves receberam água e ração à vontade.

As excretas foram coletadas duas vezes ao dia (8:00 e 16:00 horas), identificadas por repetição e congeladas para posteriormente serem secas e moídas para quantificação de mucina. Para a análise da mucina intestinal foi realizada metodologia proposta por Horn et al. (2009), sendo pesados 3 g de excretas e colocados em tubos de plásticos para a centrifugação em que foram adicionados 20 mL de solução refrigerada (4°C) de NaCl (0,15 M de NaCl, 0,02 M de NaN_3), sendo homogeneizada por 30 segundos e centrifugada a 12000 x g por 20 minutos a 4 °C.

Posteriormente, o sobrenadante solúvel foi decantado para um tubo de 50 mL previamente pesado. Após, 15 mL de solução de etanol absoluto foi adicionado ao sobrenadante para que houvesse extração das proteínas de mucinas, sendo deixado durante a noite em freezer a -20 °C. A mistura foi centrifugada a 1400 x g por 10 minutos a 4 °C e o sedimento retido foi a mucina. Uma mistura de 10 mL de NaCl (0,15 M de NaCl, 0,02 M de NaN_3) e 15 mL de etanol absoluto foi adicionado para lavar a mucina sedimentada, sendo deixada novamente em freezer a -20 °C durante a noite. Em seguida, foi centrifugada a 1400 x g por 10 minutos a 4 °C. O sedimento foi lavado até se obter um sobrenadante límpido. A água do sobrenadante foi então removida por aspiração e o sedimento foi pesado para obtenção do rendimento bruto de mucina.

3.7 Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

Os experimentos foram conduzidos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (dietas experimentais) com quatro repetições, sendo cada repetição composta por: 10 pintos no experimento I; 22 frangos no experimento II e III e 20 frangos no experimento IV. Na quantificação da mucina intestinal, as repetições foram compostas por duas aves no experimento II e IV, totalizando 40 aves cada. Para morfometria duodenal as repetições foram compostas de oito intestinos de frangos do experimento IV. O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : valor observado relativo ao tratamento i , na repetição j ;

m : média geral do experimento;

t_i : efeito dos valores de treonina digestível em cada fase, sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 .

e_{ij} : erro aleatório em cada observação, associado ao tratamento i na repetição j ; sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 .

As respostas dos experimentos aos valores de treonina digestível foram estudadas por meio de análise de regressão, sendo as estimativas de exigências nutricionais estabelecidas, quando possível, através do estudo do modelo quadrático. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR - Sistema de Análises de Variância (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias (Tabela 3) observadas nas fases de crescimento I, II e final estavam acima das recomendações de Oliveira et al. (2006), considerando que nos primeiros dias os pintos necessitam de uma temperatura média de 32 °C, devendo diminuir gradativamente até atingir 21 °C na fase final. De acordo com Tinoco (1998), a umidade relativa do ar deve estar entre 50 a 70% para propiciar um ambiente com condições favoráveis para o máximo desempenho das aves. Nessa pesquisa a umidade relativa estava acima das recomendações do autor citado, e de acordo com Queiroz & Barbosa Filho (2013) excesso de umidade relativa pode levar a ave a dificuldade de trocas de calor, alterando na sua frequência respiratória, sendo esta uma das principais formas de perda de calor.

Tabela 3. Médias de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante os quatro experimentos.

Experimentos	Temperatura média (°C)	Umidade média (%)
Experimento na fase inicial (10 a 28 dias)	24,70	71
Experimento na fase de crescimento I (29 a 49 dias)	27,85	70
Experimento na fase de crescimento II (50 a 69 dias)	29,10	71
Experimento na fase final (70 a 84 dias)	30,43	68

4.1 Experimento I - Desempenho dos Frangos na Fase Inicial (10 a 28 dias).

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a viabilidade, que se manteve em 100% durante o período experimental.

Foram encontrados efeitos significativos quadráticos para ganho de peso ($p=0,001$) e conversão alimentar ($p=0,02$) e efeitos lineares para consumo de ração ($p=0,04$), ingestão de treonina ($p=0,001$) e eficiência de utilização de treonina ($p=0,001$) (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 10 a 28 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,622	0,697	0,772	0,847	0,922		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	53,16	59,57	65,98	72,39	78,80		
Ganho de peso (g)	655,7	681,0	671,7	636,8	631,3	Q	1,56
Consumo de ração (g)	1094	1098	1055	1061	1051	L	3,28
Conversão alimentar	1,66	1,61	1,57	1,66	1,66	Q	3,13
Ingestão de treonina (g)	6,807	7,656	8,145	8,991	9,691	L	3,54
EUT	96,32	88,99	82,47	71,00	65,16	L	2,89

NS = Não significativo ($p>0,05$); L = efeito linear ($p<0,05$); Q = efeito quadrático ($p<0,05$)
CV = Coeficiente de variação.

O efeito quadrático no ganho de peso dos pintos alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível (Figura 3) permitiu estimar a exigência para o máximo ganho de peso em 0,716% ($Y = -1107,4x^2 + 1586,1x + 103,33$) de treonina digestível

a qual corresponde a estimativa de ganho máximo de 671,26 g por ave e uma relação treonina:lisina digestível de 61,19% ou 3,85% de treonina digestível em relação a proteína bruta.

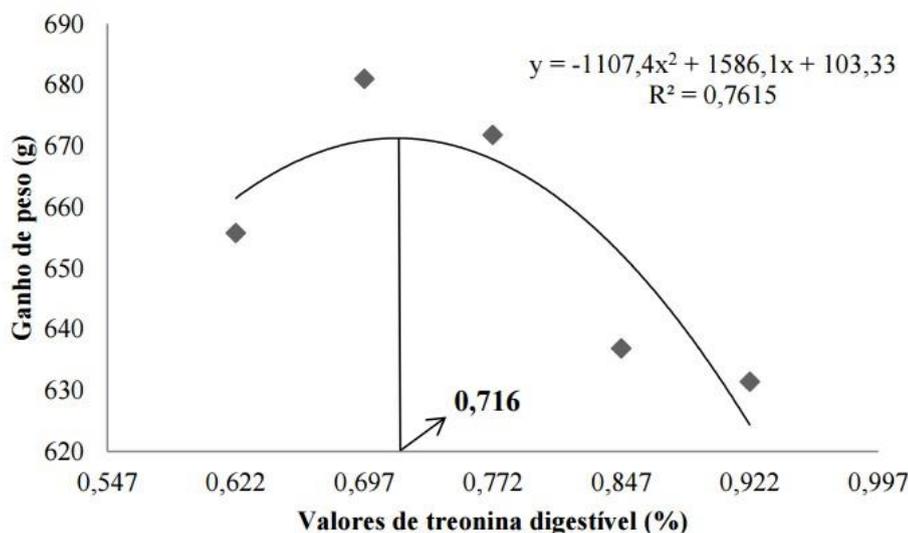


Figura 3. Ganho de peso de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

O menor ganho de peso (631,3 g) foi observado no valor de 0,922% de treonina digestível, esse decréscimo no ganho de peso pode ser explicado pelo excesso de aminoácido, que leva a um maior gasto energético do frango para eliminá-lo, pois se estima que a incorporação de um aminoácido na cadeia peptídica gasta 4 mols de ATP, enquanto que para excretar são gastos de 6 a 18 mols de ATP (VASCONCELLOS et al., 2010), energia que deixa de ser utilizada para otimização do desempenho do frango e levando conseqüentemente a diminuição no ganho de peso.

O excesso de aminoácido será desaminado, o que leva a sobrecarga dos sistemas renais e hepáticos acarretando no aumento do teor de ácido úrico circulante no sangue, a excreção desses compostos irá aumentar o incremento calórico, que deve ser dissipado, ou seja, necessitando de mais energia do animal para a eliminação desse calor (FERREIRA et al., 2006).

O valor da relação treonina:lisina digestível para o máximo ganho de peso (61,16%) está abaixo das recomendações de Atencio et al. (2004) e Rostagno et al. (2011), 67 e 65% respectivamente, para frangos de alto potencial de crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Khan et al. (2006), que observaram efeitos significativos dos diferentes valores de treonina digestível estudado sobre o ganho de peso de pintos de corte de linhagem convencional, os quais determinaram que o máximo de ganho ocorreu com uso de 0,828% treonina digestível.

Já Zaefarian et al. (2008) para ganho de peso concluíram exigência de 0,84% com 19% de proteína bruta na ração para frangos de crescimento rápido. Lima Neto et al. (2012) estudando diferentes valores de treonina digestível em frangos machos da linhagem Cobb 500 de um a sete dias de idade, também encontraram efeito quadrático sobre o ganho de peso, sendo a exigência para esta variável estimada em 0,813%, com relação treonina:lisina de 65%. Entretanto Bernardino et al. (2012) não observaram efeito da treonina sobre esta variável.

O comportamento linear do consumo de ração ($Y = -164.68x + 1199.3$) (Figura 4) não

permitiu estimar a exigência para esta variável, tendo o consumo diminuído à medida que aumentou os valores de treonina digestível nas dietas.

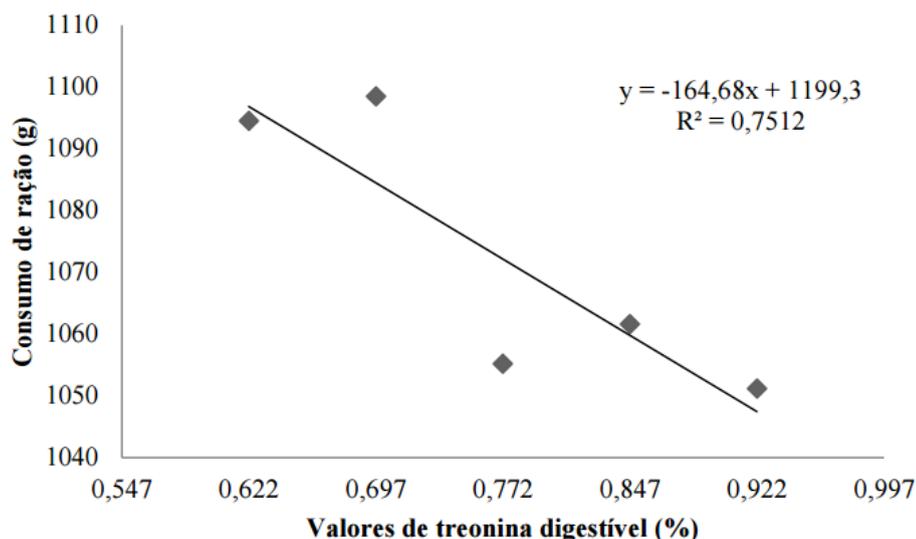


Figura 4. Consumo de ração de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

A diminuição no consumo de ração observada pode ser explicada, em parte, pelo possível excesso de treonina, já que excessos de aminoácidos essenciais reduzem o consumo de ração (TOLEDO et al., 2007). O menor consumo (1051 g) foi observado quando houve a maior ingestão de treonina (9,691 %) (Tabela 4) correspondendo ao valor de 0,922% de treonina digestível na dieta.

A redução no consumo de ração pode estar relacionada ao fato das aves realizarem uma compensação em relação ao excesso de aminoácido ingerido (JORDÃO FILHO et al., 2006) pois de acordo com Gietzen (1993) o desequilíbrio dos aminoácidos presentes nas dietas é detectado pelo córtex pré-piriforme na região cerebral, que desencadeia alterações no organismo do animal como a possível redução do consumo de ração.

Além disso, o catabolismo do excesso desses aminoácidos faz com que haja maior produção de calor o que acarreta na redução do consumo de ração (MIYADA, 1999), particularmente em ambientes com temperaturas ambientais elevadas, ressaltando que a temperatura média nesta fase estava dentro da faixa considerada como a zona de conforto do animal.

Com a redução no consumo de ração ocorre diminuição de ingestão de outros nutrientes que comprometem o desempenho dos animais, sendo observado que o maior valor de treonina digestível na dieta ocasionou o menor consumo de ração e conseqüentemente o menor ganho de peso (Figura 4). Este comportamento também foi observado por Araújo et al. (2002) e Bregendahl et al. (2002), que verificaram diminuição linear no consumo de ração com aumento de valores de aminoácidos essenciais.

Por outro lado, o teor de proteína bruta das dietas experimentais foram calculados em 18,58%, valor considerado sub-ótimo em relação às exigências preconizadas na tabela brasileira de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011), dessa forma, dietas contendo valores de proteína abaixo das recomendações e associadas a excesso de aminoácidos pode resultar no acúmulo destes nos fluidos corporais (SKLAN E PLAVNIK et al., 2002) e levar a baixa capacidade de metabolização do nitrogênio (MACARI et al., 2002) o que pode acarretar na diminuição do consumo de ração.

A redução do consumo observada no presente estudo discorda dos resultados encontrados por Star et al. (2012) que verificaram aumento no consumo de ração à medida que se elevou a relação treonina:lisina.

Já Babae et al. (2013) estimaram uma exigência para consumo, a partir de teste de comparação de médias, em frangos de linhagem convencional em 1,12%, enquanto Atencio et al. (2004), observaram uma exigência de 0,796% para frangos de linhagem convencional. Bernardino et al. (2012) e Brito et al. (2013) não observaram significância do efeito da treonina nesta variável em frangos de crescimento rápido.

Para conversão alimentar a estimativa da exigência foi de 0,762% ($Y = 3,1365x^2 - 4,7828x + 3,4245$) (Figura 5), que corresponde a menor conversão alimentar (1,60), com uma relação treonina:lisina digestível de 65,12%.

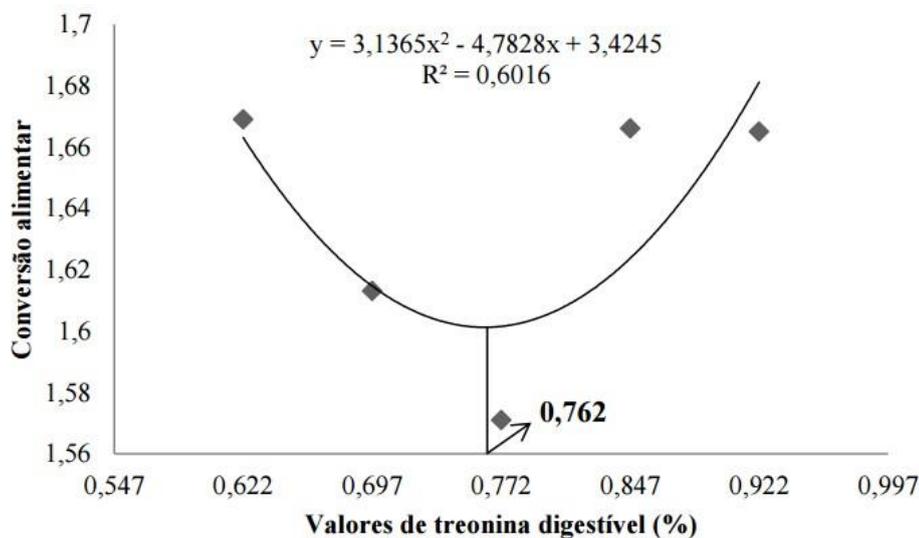


Figura 5. Conversão alimentar de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

A exigência para melhor conversão alimentar encontrada nesta pesquisa é superior ao valor recomendado por Rostagno et al. (2011), de 0,742% para frangos de corte de linhagem convencional, na fase de 8-21 dias de idade e do encontrado por Khan et al. (2006) que observaram exigência para melhor conversão alimentar de 0,728% em ração contendo 21% de proteína bruta e 2950 Kcal/kg de energia metabolizável.

Além das condições experimentais serem diferentes entre esta pesquisa e a dos autores supracitados, que influenciam na determinação das exigências nutricionais, um dos pontos que pode ter influenciado de forma preponderante foi o teor de proteína bruta das dietas, pois de acordo com Ahmadi & Golian (2010) o valor de proteína bruta é um dos principais fatores que afetam a exigência de treonina, o que pode explicar, em parte, os valores de exigências superiores aos encontrados por outros autores.

Houve aumento linear na ingestão de treonina digestível ($Y = 9,4707x + 0,9472$) (Figura 6), ou seja, à medida que se aumentou os valores deste aminoácido na dieta houve aumento na ingestão do mesmo, enquanto que a eficiência da utilização da treonina diminuiu à medida que se aumentou os valores de treonina estudados ($Y = -107,09x + 163,47$) (Figura 7).

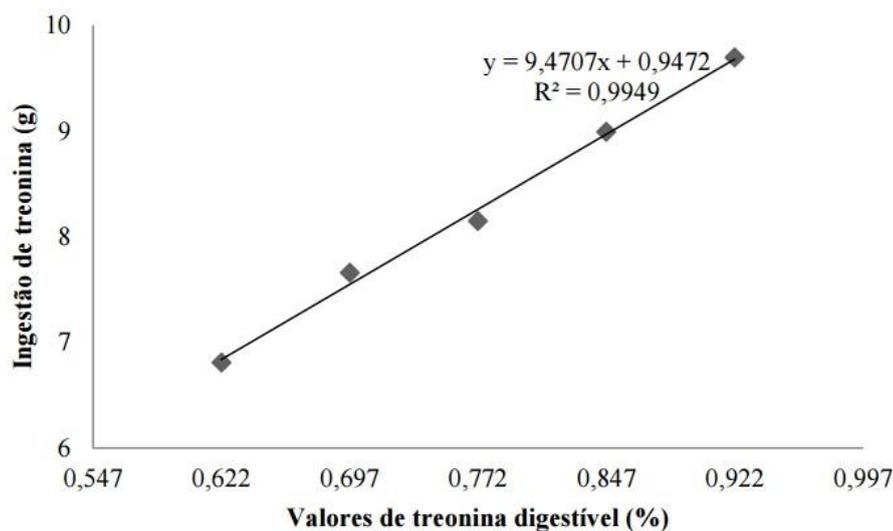


Figura 6. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

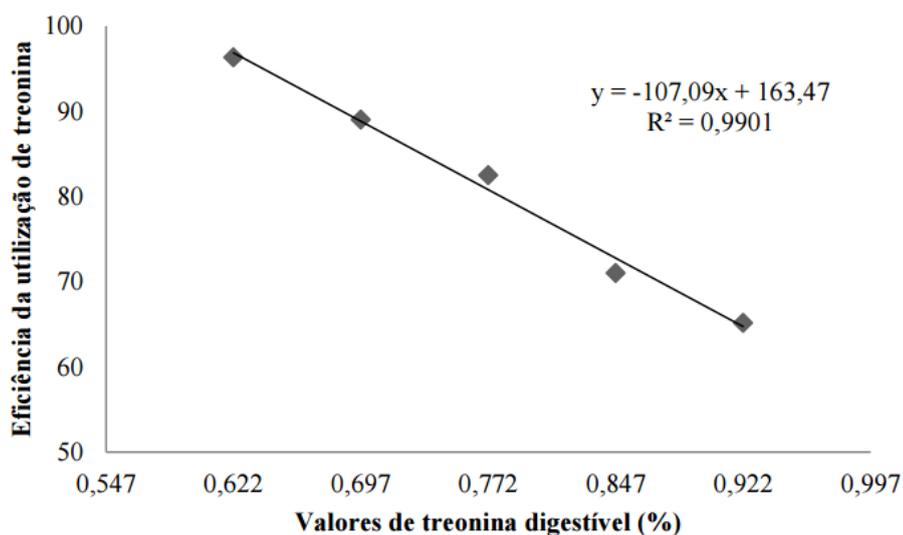


Figura 7. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Apesar de o consumo do aminoácido estar relacionado com o consumo de ração, o aumento na ingestão de treonina digestível nesta pesquisa ocorreu principalmente em virtude dos valores deste aminoácido nas dietas experimentais serem crescentes, e não em decorrência do consumo de ração, uma vez que este apresentou efeito linear negativo. A diferença entre o maior e o menor valor de consumo de ração (1094,47 e 1051,15 g, respectivamente) (Tabela 4) foi de apenas 43,32g, não tendo sido, portanto, a diminuição no consumo suficiente para provocar uma diminuição da ingestão de treonina digestível.

O aumento pode estar relacionado também a uma possível compensação do organismo animal diante da deficiência de aminoácido. Conhalato et al. (1999) identificou resultados semelhantes aos observados nesta pesquisa. De acordo com Cella et al. (2001) o aumento da ingestão do aminoácido leva ao aumento no ganho de peso do frango, fato que não foi observado nesta pesquisa.

A eficiência da utilização de treonina refletiu diretamente no ganho de peso, que

piorou a medida que se aumentou o consumo do aminoácido. Esses resultados estão de acordo como o que descreve Skalan & Plavnik (2002) que o excesso de aminoácidos leva a diminuição na eficiência da utilização destes.

De modo semelhante Corzo et al. (2007) identificou aumento na ingestão de treonina mesmo havendo decréscimo no consumo de ração em frangos de corte de linhagem convencional. Aumentos no consumo de treonina digestível em decorrência do aumento dos valores desse aminoácido nas dietas também foram observados por Kidd et al. (1999) e Mehri et al. (2010).

4.2 Experimento II - Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase de Crescimento I (29 a 49 dias).

4.2.1 Desempenho dos frangos

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a viabilidade, que se manteve em 100% durante o período experimental.

Foram encontrados efeitos significativos quadráticos para consumo de ração ($p=0,001$) e conversão alimentar ($p=0,02$), e efeitos lineares para consumo de ração ($p=0,04$), ingestão de treonina ($p=0,001$) e eficiência de utilização de treonina ($p=0,001$) (Tabela 5).

Tabela 5. Desempenho, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 29 a 49 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,586	0,662	0,738	0,814	0,890		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	40,63	45,90	51,17	56,44	61,71		
Ganho de peso (g)	1160	1129	1173	1162	1147	NS	2,78
Consumo de ração (g)	3004	2757	2679	2698	2818	Q	4,08
Conversão alimentar	2,58	2,44	2,28	2,32	2,45	Q	3,62
Ingestão de treonina (g)	17,83	18,25	19,77	21,96	25,07	L	7,90
EUT	65,12	61,89	59,34	52,97	45,74	L	9,62

NS = Não significativo ($p>0,05$); L = efeito linear ($p<0,05$); Q = efeito quadrático ($p<0,05$)
CV = Coeficiente de variação.

Os valores de treonina digestível estudados na dieta bem como a relação treonina:lisina digestível não foram suficientes para exercer efeitos significativos no ganho de peso. A relação treonina:lisina digestível calculado nesta fase variou de 40,62% a 61,69%, mostrando que o desbalanço da treonina em relação aos demais aminoácidos essenciais como a lisina não foi suficiente para a observação de efeitos significativos. De acordo com Ospina-Rojas et al. (2014) a recomendação para maximização do ganho de peso é com uma relação treonina:lisina digestível de 57%.

A ausência de efeitos da treonina no ganho de peso foi reportada por diversos autores que estudaram esta variável em frangos de linhagens convencionais. Atencio et al. (2004) que verificaram diferentes relações de treonina:lisina, variando de 60 a 76%, em frangos de corte na fase de crescimento e não observaram efeito significativo sobre o ganho de peso. Duarte et al. (2012) variando os valores de treonina digestível na dieta de 0,594 a 0,858% não observaram efeitos significativos no ganho de peso. Outros autores também não observaram efeitos (DOZIER III et al., 2001; AYASAN et al., 2011).

O consumo de ração apresentou efeito quadrático negativo, permitindo estimar a exigência para o mínimo consumo de ração em 0,767% ($Y = 11262x^2 - 17294x + 9298,1$) de treonina digestível (Figura 8), o que corresponde a uma relação treonina:lisina digestível de 53,19% ou ainda 4,20% da proteína bruta da dieta.

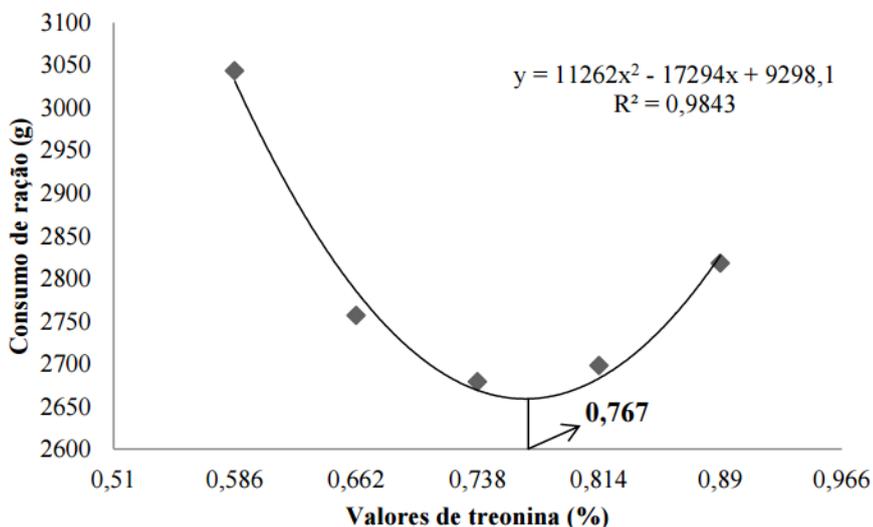


Figura 8. Consumo de ração de frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Esse comportamento pode estar relacionado na melhora gradativa da relação aminoacídica entre a treonina e os demais aminoácidos essenciais e levando a redução no consumo de ração até o ponto mínimo observado, aumentando em seguida. Uma explicação fisiológica seria o ajuste biológico para suprir as demandas de aminoácidos em uma possível piora desta relação com aumento dos valores de treonina digestível na ração (CONHALATO et al., 1999).

Efeito semelhante foi observado por Baker e Han (1994) e Toledo et al. (2007) estudando o efeito da lisina no desempenho de frangos de corte de linhagens convencionais. Isso pode ocorrer pelo efeito aminostático, que quando alterado em relação as exigências do animal pode influenciar na regulação do consumo de ração (LIMA NETO et al., 2012) e na alteração das concentrações plasmáticas e no balanço energético do animal.

De forma semelhante ao presente estudo, Gong et al. (2005) observaram que o percentual de 0,72% de treonina digestível na dieta acarretou no menor consumo de ração, enquanto que Estalkhzir et al. (2013) encontraram diferenças significativas no consumo de ração de frangos alimentados com diferentes valores de treonina digestível, os quais recomendaram uma exigência variando entre 110 e 115% acima da exigência proposta pela manual da linhagem Ross 308, ou seja, valores entre 0,79 e 0,83% de treonina digestível. O resultado observado no experimento atual não está de acordo com Atencio et al. (2004); Ayasan et al. (2011) e Duarte et al. (2012), os quais não observaram relação significativa entre treonina e o consumo de ração.

A exigência para menor conversão alimentar, de acordo com o modelo quadrático foi de 0,767% ($Y = 10,223x^2 - 15,685x + 8,3158$) (Figura 9), com uma relação treonina:lisina igual ao mostrado no consumo de ração.

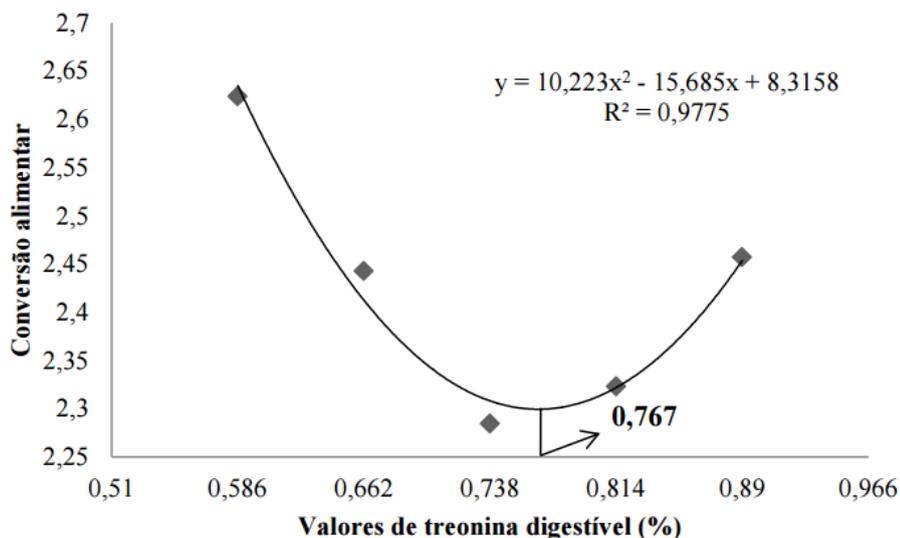


Figura 9. Conversão alimentar de frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Esta variável apresentou comportamento similar ao consumo de ração, o que confirma, conforme citado por Conhalato et al. (1999), o pressuposto da relação aminoacídica apresentado na análise anterior entre a treonina e os demais aminoácidos essenciais, observando que o consumo de ração e a conversão alimentar apresentaram exatamente a mesma exigência de acordo como modelo proposto.

A exigência determinada é superior as recomendações de Rostagno et al. (2011) para frangos de corte de crescimento regular, que estimaram a exigência em 0,679% de treonina digestível, entretanto foi muito semelhante as recomendações de Samadi & Liebert (2007) que encontraram valor de 0,73%, sendo esses trabalhos realizados com linhagens convencionais e de Duarte et al. (2012) que concluíram que a exigência para menor conversão alimentar de frangos de corte na fase de 22 a 42 dias de idade foi de 0,764%.

Semelhante ao experimento anterior, houve aumento linear na ingestão de treonina digestível ($Y = 23.961x + 2.8951$) (Figura 10), enquanto a eficiência da utilização da treonina diminuiu à medida que se aumentou os valores estudados ($Y = -62.737x + 103.31$) (Figura 11)

O aumento na ingestão de treonina foi de 7,27 gramas entre a dieta basal e dieta com maior valor de treonina estudado, enquanto que a eficiência da utilização de treonina piorou 19,38% entre as mesmas dietas.

O consumo de ração nesta fase apresentou efeito quadrático negativo, entretanto, tal comportamento não foi suficiente para que a ingestão de treonina apresentasse características semelhantes, evidenciando que o aumento na ingestão de treonina digestível ocorreu pelo aumento dos valores do aminoácido nas dietas experimentais como mencionado na fase anterior.

A eficiência da utilização de treonina diminuiu à medida que houve aumento nos valores de treonina nas dietas experimentais. Mesmo havendo a possibilidade de uma possível melhora entre relações aminoacídicas comentadas anteriormente em relação ao consumo de ração e conversão alimentar, a diminuição da eficiência em relação a ingestão de treonina, mostra um clássico efeito do excesso de aminoácido nas dietas experimentais. Resultados semelhantes foram encontrados por Corzo et al. (2007) e Mehri et al. (2010).

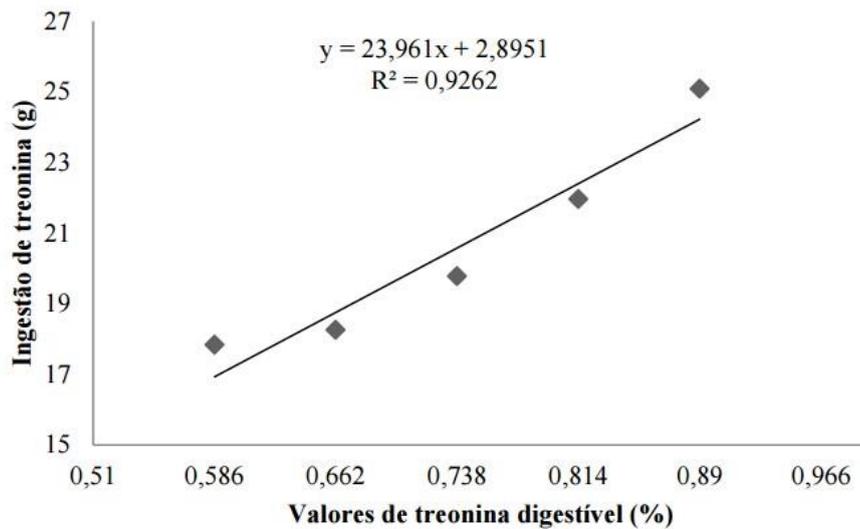


Figura 10. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

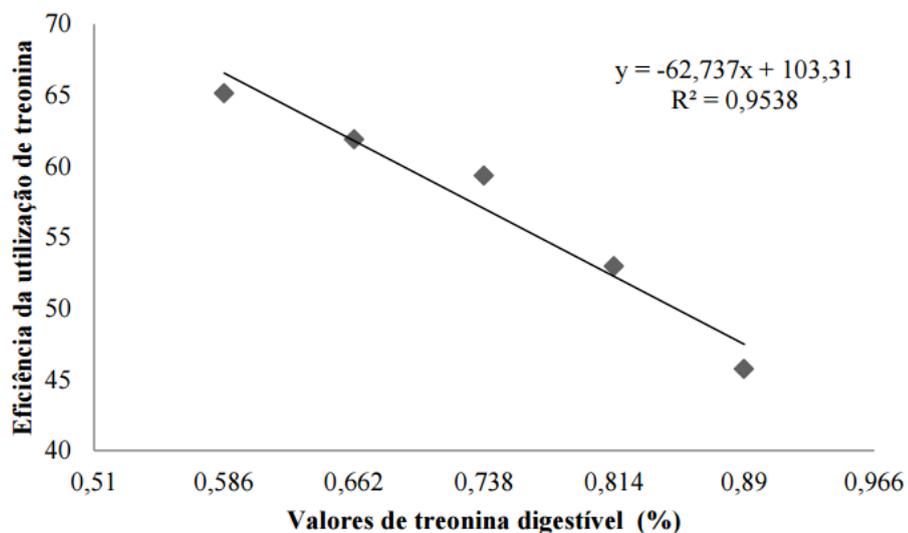


Figura 11. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase de crescimento I alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

4.2.2 Características de carcaça

Não foram observados efeitos significativos (Tabela 6) nos pesos absolutos ($p=0,07$), exceto para peso de asa que apresentou efeito quadrático ($p=0,002$). Rendimentos e peso relativos também não apresentaram efeitos significativos ($p>0,05$), exceto para rendimento de dorso ($p=0,001$).

Tabela 6. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético para crescimento abatidos aos 50 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão CV(%)	
	0,586	0,662	0,738	0,814	0,890		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	40,63	45,90	51,17	56,44	61,71		
Peso Absoluto (g)							
Carcaça	1207	1204	1254	1247	1223	NS	6,37
Peito	356,6	373,6	382,7	368,8	367,2	NS	9,27
Coxa+Sobrecoxa	413,8	403,1	426,5	429,2	412,8	NS	8,21
Asa	162,7	164,7	172,2	172,6	165,2	Q	6,18
Dorso	274,2	263,2	273,0	276,3	276,2	NS	8,69
Pescoço	45,87	46,62	47,00	47,37	44,62	NS	13,2
Coração	8,37	8,50	8,37	7,87	8,00	NS	17,4
Moela	38,25	37,00	34,37	36,12	38,00	NS	16,8
Gordura abdominal	21,00	18,37	16,62	19,12	19,37	NS	32,6
Fígado	14,62	15,00	14,75	15,75	14,62	NS	11,4
Rendimento (%)							
Carcaça	63,66	64,13	64,31	64,65	64,26	NS	2,43
Peito	29,54	31,03	30,52	29,56	30,02	NS	6,10
Coxa+Sobrecoxa	34,28	33,50	34,00	34,41	34,24	NS	5,02
Asa	13,50	13,69	13,73	13,84	13,51	NS	4,16
Dorso	22,71	21,86	21,78	22,17	22,58	Q	6,46
Peso relativo (%)							
Pescoço	3,79	3,87	3,74	3,79	3,64	NS	5,70
Coração	0,69	0,70	0,66	0,63	0,65	NS	4,30
Moela	3,16	3,07	2,74	2,89	3,10	NS	4,90
Gordura abdominal	1,73	1,55	1,32	1,53	1,58	NS	17,8
Fígado	1,21	1,24	1,17	1,26	1,19	NS	8,90

NS = Não significativo ($p > 0,05$); Q = efeito quadrático ($p < 0,05$)

CV = Coeficiente de variação.

Ausência de efeitos significativos em grande parte das variáveis estudadas está de acordo com os resultados encontrados por Atencio et al. (2004) e Duarte et al., (2012) que não observaram efeitos significativos do aumento de treonina digestível nos rendimentos de carcaça e cortes.

Houve efeito quadrático no peso absoluto de asa, apresentando uma exigência de 0,764% de treonina digestível ($Y = -320,29x^2 + 489,72x - 15,791$) (Figura 12) para a máxima produção desse corte.

Também foi observado efeito significativo quadrático no rendimento de dorso ($Y = 37,099x^2 - 54,68x + 41,937$) que apresentou exigência de 0,738% de treonina digestível (Figura 13).

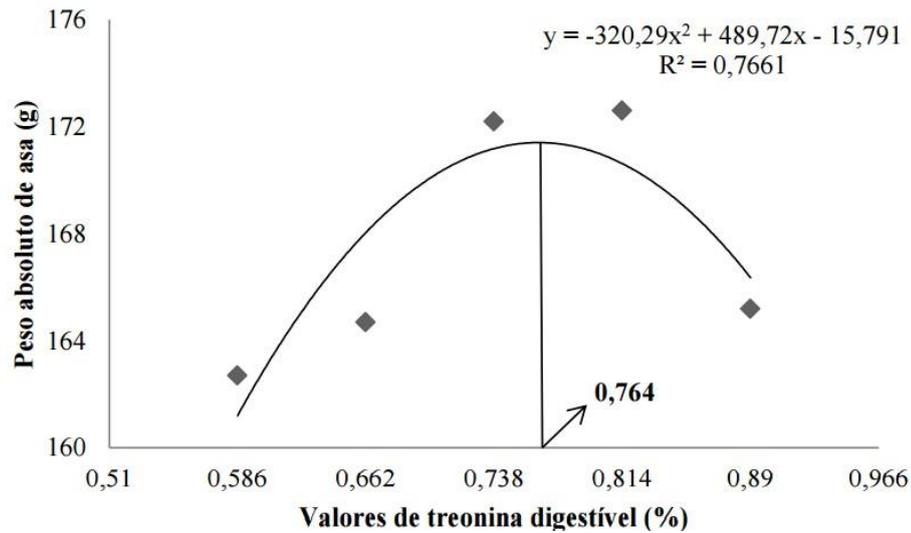


Figura 12. Peso absoluto de asa de frangos de corte abatidos aos 50 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

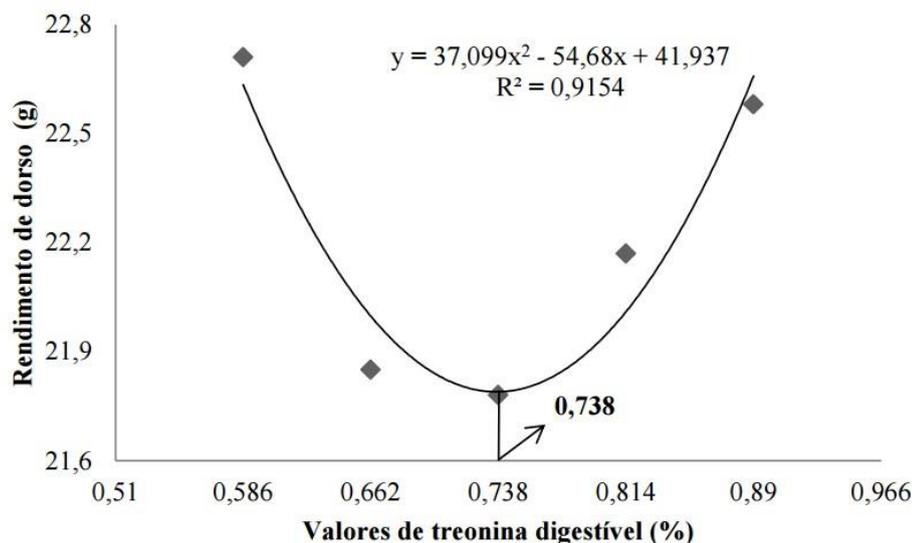


Figura 13. Rendimento de dorso de frangos de corte abatidos aos 50 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

O dorso e as asas são cortes que não são considerados nobres, e possuem um rendimento carne:osso menor quando comprado com peito e coxas, devido principalmente a quantidade maior de tecido ósseo. Esse tecido é composto por células incrustadas em uma matriz orgânica constituída principalmente de colágeno (80 a 90%) (FERNANDES, 2007), dessa forma, possíveis efeitos da treonina nesses cortes poderiam estar relacionados com a quantidade de colágeno produzido nessa região, uma vez que a treonina possui grande importância na formação das fibras de colágenos (SÁ et al., 2007) o que poderia explicar as alterações.

O resultado encontrado para rendimento de dorso está de acordo com as observações de Dozier III et al. (2001), que concluíram efeito linear no rendimento de dorso em frangos de corte de linhagem convencional na fase de crescimento alimentados com diferentes valores de treonina.

4.3 Experimento III - Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase de Crescimento II (50 a 69 dias)

4.3.1 Desempenho dos frangos

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a viabilidade, que se manteve em 100% durante o período experimental.

Foram encontrados efeitos quadráticos para ganho de peso ($P=0,00$), consumo de ração ($P=0,015$) e conversão alimentar ($P=0,00$) e efeito linear positivo para ingestão de treonina ($P=0,000$) e eficiência da utilização de treonina ($P=0,01$) (Tabela 7).

Tabela 7. Desempenho, ingestão de treonina e eficiência da utilização de lisina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 50 a 69 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,570	0,640	0,710	0,780	0,850		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	57,75	64,84	71,93	79,02	86,11		
Ganho de peso (g)	1288	1327	1391	1368	1299	Q	2,62
Consumo de ração (g)	4300	4277	4202	4070	4214	Q	1,27
Conversão alimentar	3,34	3,22	3,02	2,97	3,24	Q	2,76
Ingestão de treonina (g)	24,51	27,37	29,83	31,74	35,82	L	1,46
EUT	52,56	48,48	46,63	43,09	36,28	L	2,88

NS = Não significativo ($p>0,05$); L = efeito linear ($p<0,05$); Q = efeito quadrático ($p<0,05$)
CV = Coeficiente de variação.

Para ganho de peso a exigência de treonina digestível estimada foi de 0,720% ($Y = -4407,6x^2 + 6348,2x - 907,18$) (Figura 14), e uma relação treonina:lisina digestível de 72,94% ou 4,25% em relação a proteína bruta. A exigência calculada corresponde a um ganho aproximado de 1378 gramas nesse período.

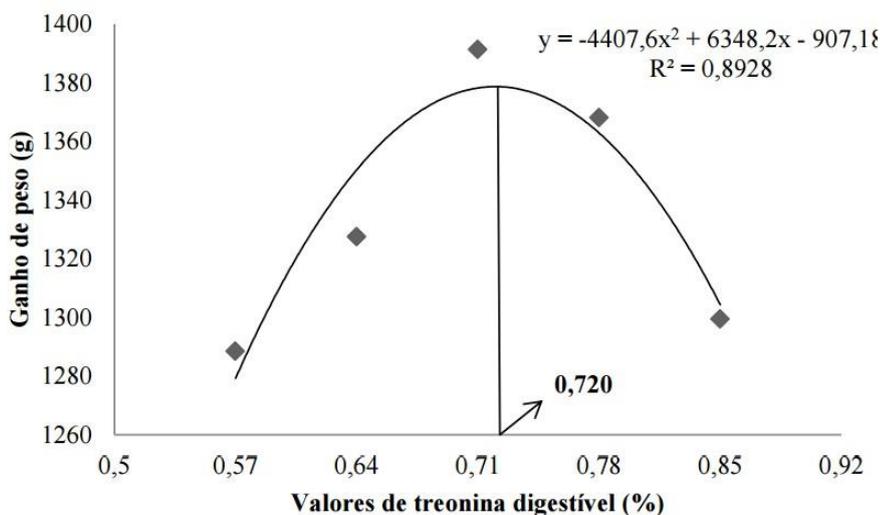


Figura 14. Ganho de peso de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Os valores de 0,570 e 0,850% de treonina digestível na dieta, menor e maior valor estudado respectivamente, acarretaram em menor ganho de peso, o que pode ser observado na Tabela 7 e na Figura 14. Isso mostra um desequilíbrio dos aminoácidos na dieta de modo que no primeiro caso, ocorreu um déficit em relação a exigência do animal e no segundo um excesso, que limitaram o ganho de peso.

No primeiro caso, a deficiência de aminoácido leva ao menor ganho de peso, sobretudo pela diminuição da capacidade de síntese proteica e considerando que o não atendimento das exigências do animal pelo fornecimento de treonina na dieta, torna esse aminoácido limitante, que por consequência, leva a limitação no ganho de peso.

A treonina não é um aminoácido com ação primária para a síntese proteica como observado com a lisina, pode-se então inferir que deficiências desse aminoácido diminuem a capacidade absorptiva do animal pela possível redução nas vilosidades e na produção de muco intestinal, o que levaria a perdas no desempenho animal.

O excesso de aminoácidos produz um gasto energético maior para o animal pelo processo metabólico de desaminação e leva a um aumento do incremento calórico (FERREIRA et al., 2007) essa situação agrava-se quando os animais estão submetidos a temperaturas ambientais acima das suas zonas de conforto térmico, o que foi observado nesta fase, com a temperatura ambiental média em 29,10 °C. Nessas condições, o organismo do animal necessita dissipar esse calor, o que tem custo energético para seu metabolismo, que pode levar a diminuição nos ganhos de peso.

O consumo de ração apresentou efeito quadrático negativo, sendo a exigência estimada para o menor consumo de ração de 0,777% de treonina digestível ($Y = 4019,8x^2 - 6249,6x + 6584,4$) (Figura 15), e uma relação treonina:lisina de 78,66%, o que corresponde ao consumo mínimo de 4155 g de ração.

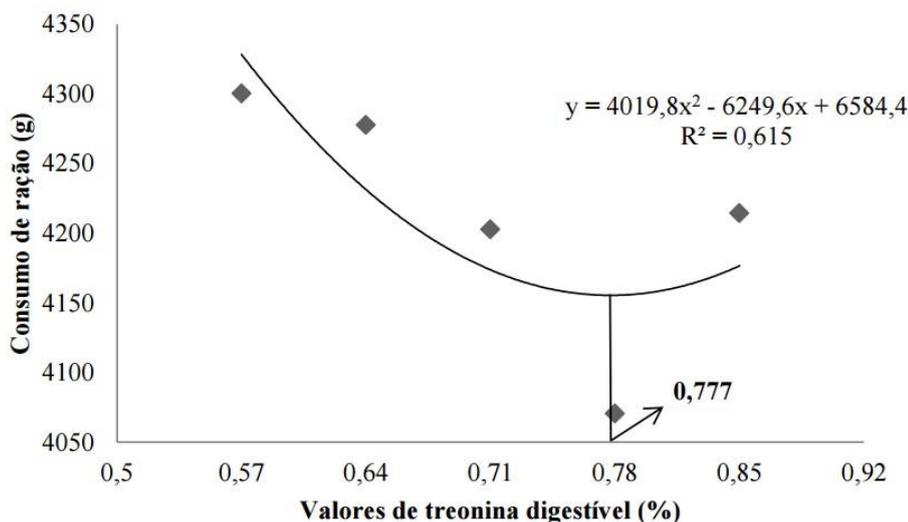


Figura 15. Consumo de ração de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

O consumo de ração nesta fase apresentou-se de forma semelhante ao experimento anterior, cujas explicações e justificativas descritas na mesma, são empregadas para explicar o consumo de ração nesta fase.

Ressalta-se que mesmo que possa ter ocorrido uma melhora progressiva na relação treonina e os demais aminoácidos, até o ponto mínimo observado na Figura 15, o que fez com que diminuísse o consumo de ração, os valores de treonina possivelmente limitaram o ganho

de peso conforme observado na Figura 14.

A exigência para conversão alimentar foi estimada em 0,733% de treonina digestível ($Y = 13,644x^2 - 20,015x + 10,36$) e uma relação treonina:lisina digestível 74,26%, o que resultaria em uma conversão alimentar de 3,01 (Figura 16).

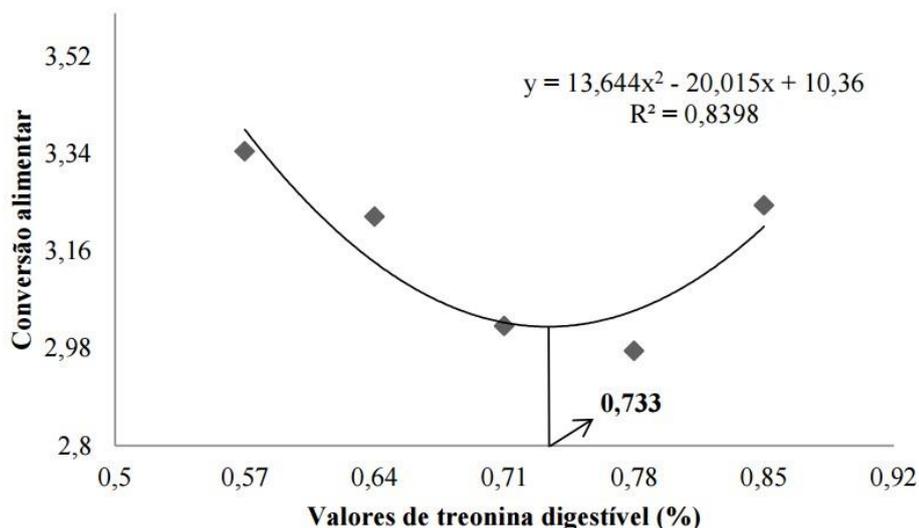


Figura 16. Conversão alimentar de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

De modo semelhante ao experimento II, a conversão alimentar apresentou efeito quadrático negativo, apresentando exigências próximas do consumo de ração, justificando a possível melhora na relação de aminoácidos da ração.

As maiores exigências encontradas nesta pesquisa em relação a grande parte da literatura, pode ser explicado pela forma de se expressar a exigência em aminoácidos em frangos (em percentual) e pelas linhagens comparadas. Linhagens convencionais necessitam quase o dobro de aminoácido em miligramas quando comparados com aves de crescimento lento, entretanto tal diferença é suprimida ao se observar consumo diário de ração dos frangos de linhagens convencionais (BAKER e HAN, 1991).

Isso mostra que em percentual as exigências de frangos de menor potencial genético para crescimento podem ser maiores em virtude do seu menor consumo diário em relação a frangos de linhagens convencionais.

Em sua pesquisa Dozier et al. (2001) encontram exigência de 0,74% de treonina total para frangos de corte 42 até 56 dias de idade.

O efeito linear positivo na ingestão de treonina digestível ($Y = 38,557x + 2,4784$) (Figura 17), e efeito linear negativo na eficiência da utilização de treonina ($Y = - 54,214x + 83,9$) (Figura 18) não permitiu estimar uma exigência para essas características.

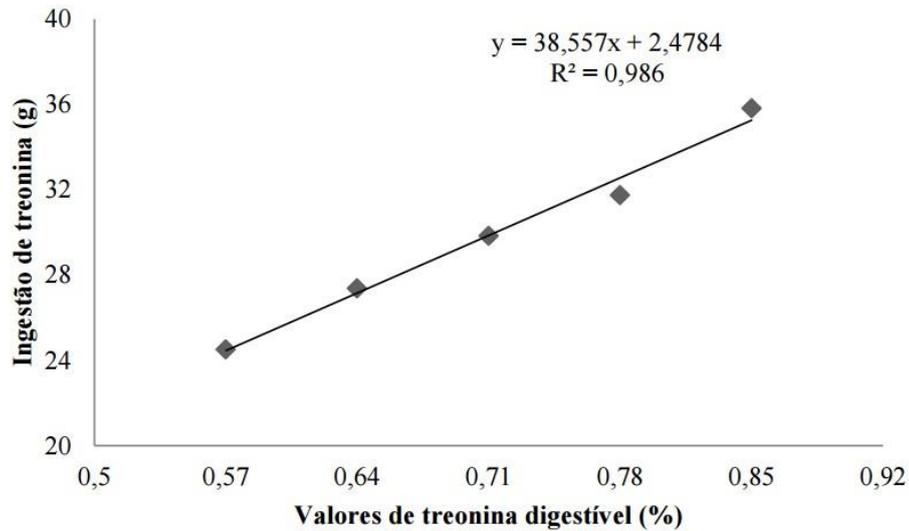


Figura 17. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Nesta fase, o aumento na ingestão de treonina foi de 11,31 g entre a dieta basal e a dieta com maior valor de treonina, ou seja, um aumento de 64,53% quando comparado com a fase anterior, enquanto que a eficiência da utilização de treonina piorou 16,28% entre as mesmas dietas.

Da mesma forma que foi relatado, o consumo de ração teve efeito quadrático negativo, não sendo este efeito suficiente para ocasionar na ingestão de treonina um efeito quadrático, evidenciando mais uma vez, que o aumento na ingestão de treonina digestível ocorreu pelo aumento dos valores do aminoácido nas dietas experimentais.

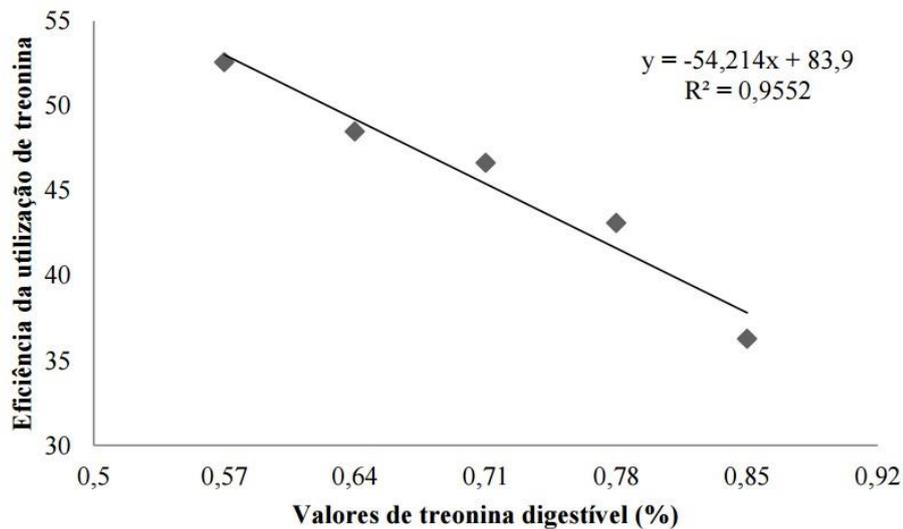


Figura 18. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

4.3.2 Características de carcaça

Não foram observados efeitos significativos nos pesos absolutos ($p>0,05$), exceto para coxa+sobrecoxa que apresentou efeito linear ($p=0,002$). Os rendimentos de peito e coxa+sobrecoxa apresentaram efeitos lineares ($p=0,001$), sendo observado efeito quadrático para rendimento de asa ($p=0,000$) (Tabela 8).

Tabela 8. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético abatidos aos 70 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,570	0,640	0,710	0,780	0,850		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	57,75	64,84	71,93	79,02	86,11		
Peso Absoluto (g)							
Carcaça	1983	1986	1996	1977	1944	NS	5,75
Peito	599,6	594,7	606,0	592,3	589,3	NS	7,13
Coxa+Sobrecoxa	665,2	667,8	668,7	671,8	677,1	NS	5,51
Asa	258,7	262,1	270,1	269,3	280,6	L	7,30
Dorso	450,5	457,1	448,6	465,8	445,2	NS	8,77
Pescoço	70,42	75,71	70,00	70,85	76,26	NS	9,30
Coração	12,36	11,27	12,00	12,36	12,54	NS	3,98
Moela	49,60	48,40	53,20	51,60	50,00	NS	5,80
Gordura abdominal	72,66	82,22	73,55	69,77	74,22	NS	13,72
Fígado	44,00	42,80	44,60	45,00	43,00	NS	8,62
Rendimento (%)							
Carcaça	66,08	66,04	66,58	66,28	64,12	NS	5,75
Peito	30,24	30,00	30,40	29,96	30,31	L	4,48
Coxa+Sobrecoxa	33,54	33,62	33,50	33,98	34,83	L	5,63
Asa	13,04	13,20	13,53	13,62	14,43	Q	7,22
Dorso	22,72	22,01	22,48	23,56	22,90	NS	7,63
Peso relativo (%)							
Pescoço	3,55	3,81	3,50	3,54	3,92	NS	8,75
Coração	0,62	0,56	0,60	0,62	0,64	NS	9,90
Moela	2,50	2,44	2,66	2,58	2,57	NS	5,42
Gordura abdominal	3,66	4,14	3,58	3,49	3,81	NS	22,94
Fígado	2,21	2,15	2,23	2,25	2,21	NS	8,70

NS = Não significativo ($p>0,05$); L = efeito linear ($p<0,05$); Q = efeito quadrático ($p<0,05$)
CV = Coeficiente de variação.

O efeito linear negativo no rendimento de peito ($Y = -4,3714x + 32,934$) (Figura 19) mostrou que a medida que se aumentaram os valores de treonina digestível na ração diminuiu o rendimento desse corte nobre.

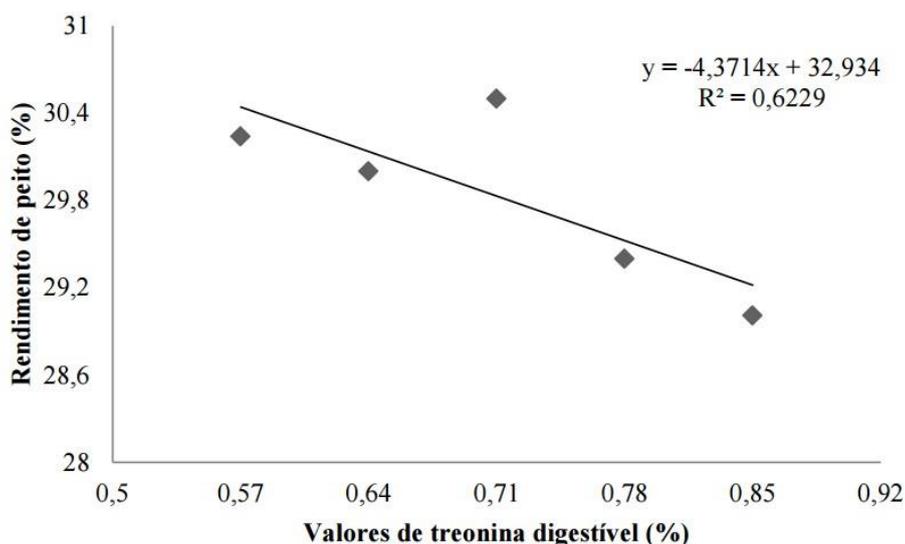


Figura 19. Rendimento de peito de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Alterações no peso e rendimento de peito de frangos estão associados primeiramente aos valores de lisina encontrados nas dietas, sendo este aminoácido considerado o principal para síntese proteica muscular. Kidd & Kerr et al. (1997) relataram que pode haver uma interação entre treonina e lisina no acúmulo de carne no peito.

Dessa forma, a diminuição no rendimento de peito pode ter ocorrido pela possível piora gradativa da relação treonina e lisina com outros aminoácidos essenciais, conforme descrito para consumo de ração e conversão alimentar.

Por outro lado, de acordo com Oliveira et al. (2006) observa-se efeito negativo da temperatura ambiente alta (32 °C) sobre o rendimento de peito. Considerando que a temperatura média nesta fase (30,43 °C) estava acima da considerada zona de conforto do animal, o aumento do incremento calórico ocasionado ao excesso de aminoácido pode ter proporcionado perdas energéticas ao animal e contribuído para a diminuição gradativa do rendimento de peito.

Houve efeito significativo para rendimento de coxa+sobrecoxa, sendo encontrado efeito linear positivo na fase de crescimento ($Y = 4,9x + 30,543$) (Figura 20).

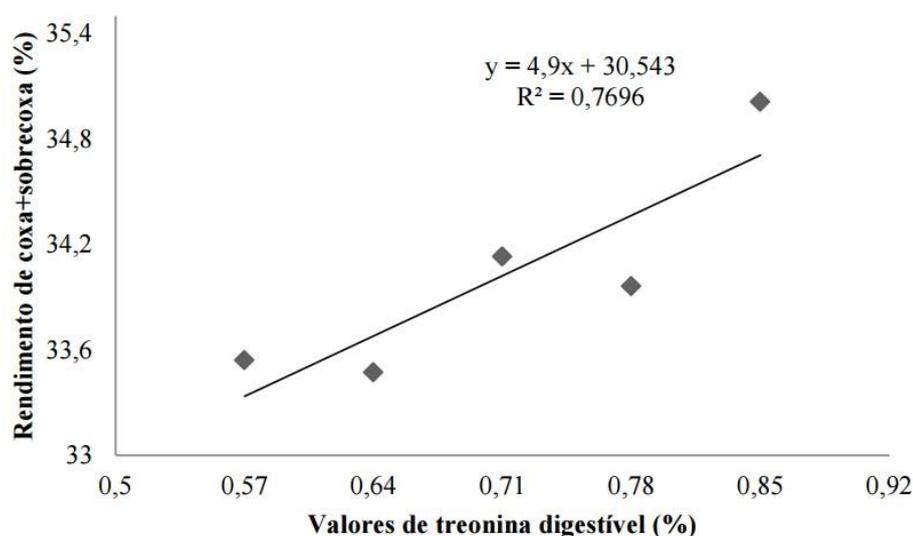


Figura 20. Rendimento de coxa+sobrecoxa de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Para o efeito significativo no rendimento de coxa+sobrecoxa dos frangos neste experimento não foram encontrados explicações fisiológicas para o comportamento quadrático dessa variável.

O rendimento de asa apresentou efeito quadrático negativo, com uma exigência de 0,646% ($Y = 33,382x^2 - 43,159x + 27,012$) (Figura 21).

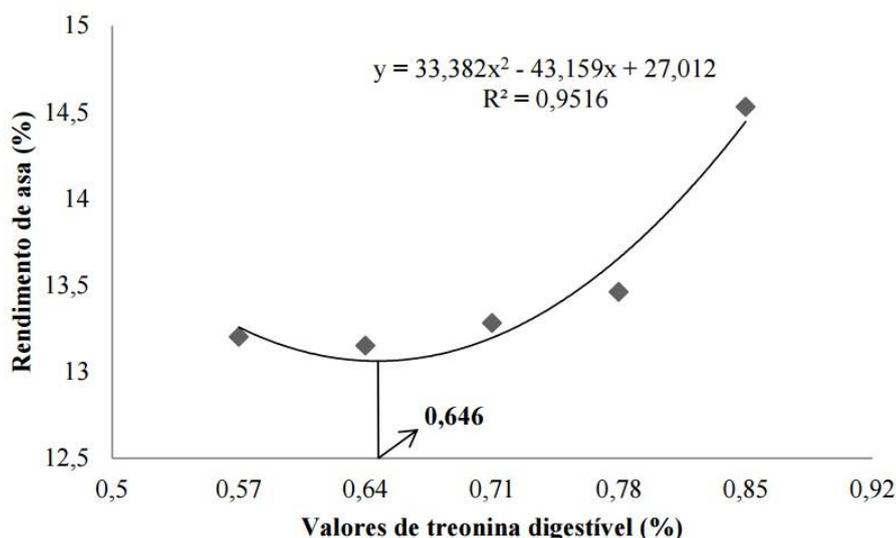


Figura 21. Rendimento de asa de frangos de corte abatidos aos 70 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

As explicações para o efeito quadrático no rendimento de asa neste experimento pode estar relacionado com os efeitos da treonina na produção de colágeno, sendo esta proteína importante constituinte da matriz óssea, conforme citado por Fernandes (2007) e atribuído às explicações no experimento anterior para esta mesma variável.

4.4 Experimento IV - Desempenho e Característica de Carcaça de Frangos na Fase Final (70 a 84 dias).

4.4.1 Desempenho dos frangos

Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre a viabilidade, que se manteve em 100% durante o período experimental, bem como não foi observado efeito significativo para ganho de peso ($p=0,92$), consumo de ração ($p=0,08$) e conversão alimentar ($p=0,62$), sendo observado efeito linear positivo para ingestão de treonina ($p=0,001$) e eficiência da utilização de treonina ($p=0,01$) (Tabela 9).

Tabela 9. Desempenho, ingestão de treonina e eficiência da utilização de treonina (EUT) de frangos de corte de menor potencial genético no período de 70 a 84 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,520	0,595	0,670	0,745	0,820		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	54,16	61,97	69,79	77,60	85,41		
Ganho de peso (g)	965,5	1009	997,6	991	951	NS	10,36
Consumo de ração (g)	3079	2964	3195	3111	3165	NS	3,61
Conversão alimentar	3,18	2,94	3,20	3,14	3,33	NS	9,95
Ingestão de treonina	16,01	17,64	21,40	23,18	25,95	L	3,67
EUT	60,34	57,18	46,67	42,78	36,64	L	9,95

NS = Não significativo ($p>0,05$); L = efeito linear ($p<0,05$);
CV = Coeficiente de variação.

Diversos fatores podem ser considerados para explicar a não observação de efeitos nas variáveis de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar). O período experimental nesta fase foi de apenas duas semanas, o que pode ter sido pouco para que houvesse tempo para a percepção da variação ocasionada pelos diferentes valores de treonina estudados nestas variáveis. Ou ainda, as rações utilizadas foram formuladas para serem isoprotéicas e isoenergéticas, que pode explicar a ausência de efeitos, mesmo havendo maior diferença na relação treonina e demais aminoácidos essenciais, como lisina, metionina e valina, de modo que o desequilíbrio dos aminoácidos ocasionados pela suplementação com valores crescentes de treonina digestível não foram suficientes para exercer influências nessas variáveis. Outro ponto a ser observado é em relação aos coeficientes de variação relativamente mais elevados quando comparados com os das fases anteriores, o que pode colaborar para a ausência dos efeitos.

Ausência de efeitos em estudos com treonina é reportada por alguns autores como Atencio et al. (2004), que não observaram efeitos significativos no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar de frangos de corte de linhagem convencional na fase de crescimento. Duarte et al. (2012) estudando a exigência em treonina digestível para frangos da linhagem Cobb na fase de crescimento também não observaram efeitos significativos para estas variáveis, exceto para conversão alimentar. O mesmo foi observado por Kidd et al. (2002) que estudando a resposta de frangos de corte alimentados contendo L-treonina ou diferentes fontes de treonina não observaram efeitos no desempenho dos animais.

Houve efeito linear positivo na ingestão de treonina digestível ($y = 33,893x - 1,8725$) (Figura 22), e efeito linear negativo na eficiência da utilização de treonina ($y = -82,4x +$

103,93) (Figura 23).

Apesar de haver diferenças significativas na ingestão de treonina e na eficiência de utilização deste aminoácido, tais efeitos não foram capazes de influenciar significativamente nos parâmetros zootécnicos ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

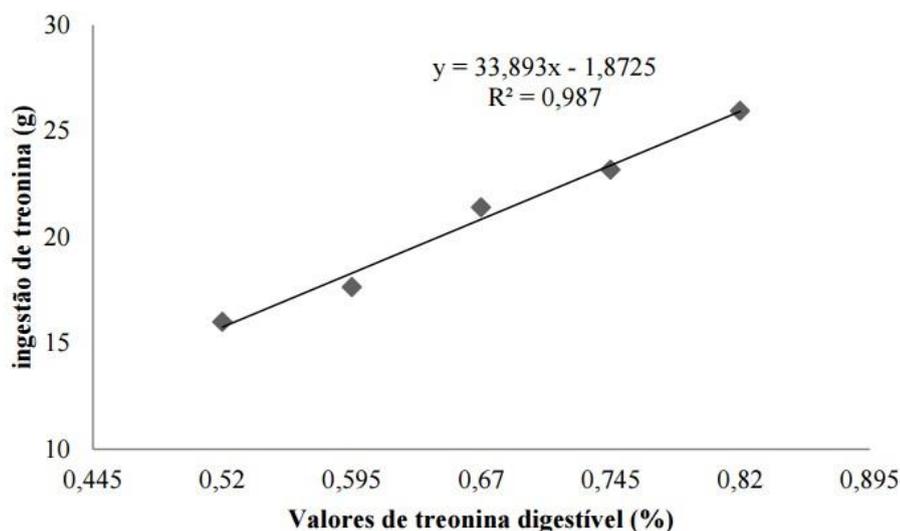


Figura 22. Ingestão de treonina em frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

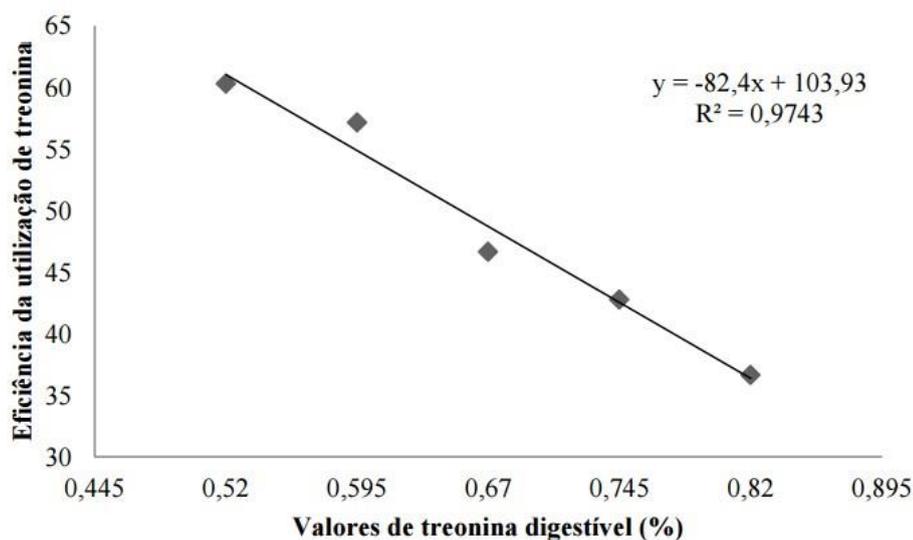


Figura 23. Eficiência da utilização de treonina em frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

4.4.2 Características de carcaça

Não foram observados efeitos significativos nos pesos absolutos ($p > 0,05$), exceto para peso de asa que apresentou efeito linear ($p = 0,002$). Rendimentos e peso relativos também não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$), exceto para rendimento de coxa+sobrecoxa ($p = 0,000$) (Tabela 10).

Tabela 10. Pesos absolutos e rendimentos de carcaça, cortes e vísceras comestíveis de frangos de corte de menor potencial genético abatidos aos 85 dias de idade, em função dos valores de treonina na ração.

Variáveis	Valores de treonina digestível (%)					Regressão	CV(%)
	0,520	0,595	0,670	0,745	0,820		
	Relação treonina:lisina digestível (%)						
	54,16	61,92	69,79	77,60	85,41		
Peso Absoluto (g)							
Carcaça	2313	2211	2413	2351	2348	NS	5,54
Peito	676,2	647,4	716,9	706,1	689,1	NS	9,12
Coxa+Sobrecoxa	801,8	762,5	821,2	801,5	792,8	NS	5,77
Asa	303,9	296,1	308,9	314,2	316,8	L	8,19
Dorso	531,6	505,9	566,5	529,9	549,5	NS	10,0
Pescoço	88,40	90,22	92,27	90,30	91,38	NS	8,84
Coração	14,32	14,44	13,29	15,30	14,80	NS	5,10
Moela	51,80	52,84	51,92	50,48	50,97	NS	4,32
Gordura abdominal	90,22	95,83	93,75	94,20	92,64	NS	18,8
Fígado	46,80	47,97	45,82	46,90	45,83	NS	13,4
Rendimento (%)							
Carcaça	68,69	67,75	68,71	68,43	68,89	NS	3,24
Peito	29,23	29,28	29,70	30,05	29,34	NS	6,15
Coxa+Sobrecoxa	34,66	34,49	34,03	34,09	33,76	L	4,41
Asa	13,13	13,39	12,80	13,36	13,49	NS	6,31
Dorso	23,00	22,88	23,48	22,53	23,40	NS	8,01
Peso relativo (%)							
Pescoço	3,82	4,08	3,82	3,84	3,89	NS	4,65
Coração	0,61	0,65	0,55	0,65	0,63	NS	5,32
Moela	2,23,	2,38	2,15	2,14	2,17	NS	5,89
Gordura abdominal	3,90	4,33	3,88	4,00	3,94	NS	18,2
Fígado	2,02	2,16	1,89	1,99	1,95	NS	6,80

NS = Não significativo ($p > 0,05$); L = efeito linear ($p < 0,05$);
CV = Coeficiente de variação.

Semelhante aos resultados observados nesta pesquisa, Kidd et al. (2002), Atencio et al. (2004) e Duarte et al. (2012) não observaram efeitos significativos do aumento de treonina digestível nos rendimentos de carcaça e cortes. O mesmo foi observado por Dozier III et al. (2001) que concluíram que a treonina não exerceu efeitos sobre o rendimento de carcaça e gordura abdominal, apesar de ter observado aumento no peso absoluto de gordura. Esses resultados estão de acordo com as conclusões de Reginatto et al. (2000) ao afirmarem que a suplementação de treonina não exerce influência na composição da carcaça.

Houve efeito linear positivo no peso absoluto de asa ($Y = 58,533x + 268,76$) (Figura 24), ou seja, a medida que se aumentou os valores de treonina digestível na dieta, houve aumento no peso absoluto de asa.

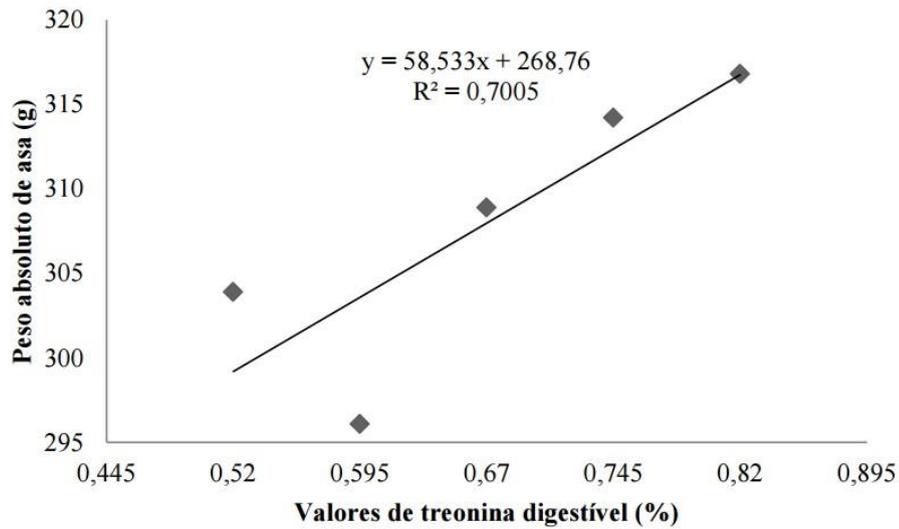


Figura 24. Peso absoluto de asa de frangos abatidos aos 85 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

A significância desse resultado está de acordo com o encontrado por Berres (2006) que observaram efeitos significativos para diferentes relações treonina:lisina no rendimento de asas, e as possíveis explicações para alterações no peso de asa em relação aos crescentes valores de treonina digestível na dieta, são mencionados nos experimentos II e III.

Houve efeito significativo para rendimento de coxa+sobrecoxa na fase final, sendo encontrado efeito linear negativo na fase final ($y = -2,6933x + 36,025$) (Figura 25).

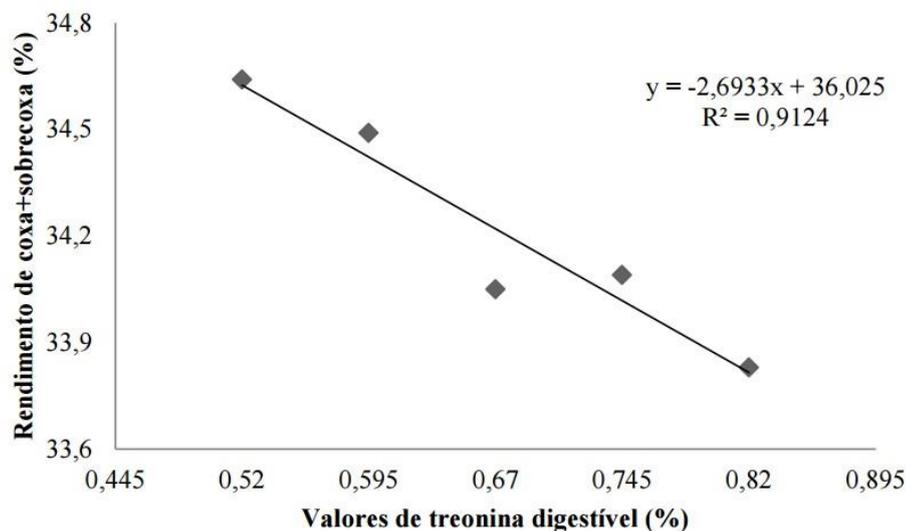


Figura 25. Rendimento de coxa+sobrecoxa de frangos de corte abatidos aos 85 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível

Em relação ao peso absoluto e relativo de vísceras os resultados encontrados nesta pesquisa estão semelhantes aos reportados por Barbosa et al. (2001) que não verificaram efeitos dos diferentes valores de treonina digestível nestas variáveis.

Ausência de efeitos significativos no peso absoluto ou de rendimento de moela sugere que não houve alteração nas exigências de manutenção do frango, pois de acordo com Farrel &

Kong et al.(1986) há associação entre redução das exigências de manutenção do animal com redução da massa corporal e consequentemente da atividade metabólica dos órgãos, ou ainda, a diferenciação no peso de moela pode estar envolvido com taxas diferentes de deposição proteica (COSTA et al., 2006) fato que não foi observado nesta pesquisa.

Da mesma forma para os pesos absolutos e relativos do coração, que de acordo com Amarante Júnior et al. (2005), o desenvolvimento deste órgão muscular está associado com a maior ou menor síntese proteica, o que também foi evidenciado por Valerio et al. (2003). Esses efeitos não foram observados nesta pesquisa, o que pode ser explicado pelo fato da treonina possuir maior importância em outros aspectos biológicos ou metabólicos, como produção de mucina, anticorpos, colágenos, síntese de enzimas digestivas.

A gordura abdominal, parâmetro utilizado para relação da gordura corporal, não apresentou efeitos significativos em nenhuma das três fases. Dietas com baixos teores de proteína, a exemplo deste estudo, aumentaria a produção de gordura abdominal pela incapacidade do frango utilizar energia para síntese proteica (SKLAN & PLAVNIK, 2002), no entanto, não se observou aumento na gordura abdominal. Os elevados valores comumente encontrados no coeficiente de variação desta variável também podem explicar em parte ausência de efeitos, fato que também foi mencionado por Sabino et al. (2004).

De acordo com Velu et al. (1971) o peso do fígado é utilizado como um indicador de deficiência proteica ou de aminoácidos, porém observa-se que nem o peso absoluto e o peso relativo de fígado foram significativos nas três fases estudadas, mostrando que os valores de treonina nas dietas e o desequilíbrio entre os aminoácidos não foram suficientes para alterar essa característica estudada.

4.5 Morfometria da Mucosa Duodenal

Houve efeito quadrático para altura das vilosidades ($p=0,001$) e profundidade da cripta ($p=0,002$) (Tabela 11).

Tabela 11. Altura das vilosidades e profundidade de cripta (μm) da mucosa duodenal de frangos de corte de menor potencial genético para crescimento em função dos valores de treonina digestível na dieta.

Valores de treonina digestível (%)	Altura das vilosidades (μm)	Profundidade da cripta (μm)
0,520	1361,47	232,14
0,595	1398,69	231,94
0,670	1408,48	232,94
0,745	1365,42	227,58
0,820	1190,27	205,24
CV*	9,63	9,98
P-valor**	0,001	0,002

*Coeficiente de variação

**Efeito significativo a 5%.

O efeito quadrático observado no estudo da morfometria duodenal (Figura 26), da altura das vilosidades e profundidade da cripta no duodeno permitiu estimar a exigência para a maior altura das vilosidades em 0,628% de treonina digestível ($Y = -6064,6x^2 + 7625,7x - 973,72$) (Figura 27) que proporcionou altura máxima de 1423,44 μm , enquanto que para maior profundidade de cripta foi estimada uma exigência de 0,609% ($Y = -643,05x^2 + 784,14x - 3,5055$) (Figura 28), apresentando uma profundidade máxima de 235.54 μm .

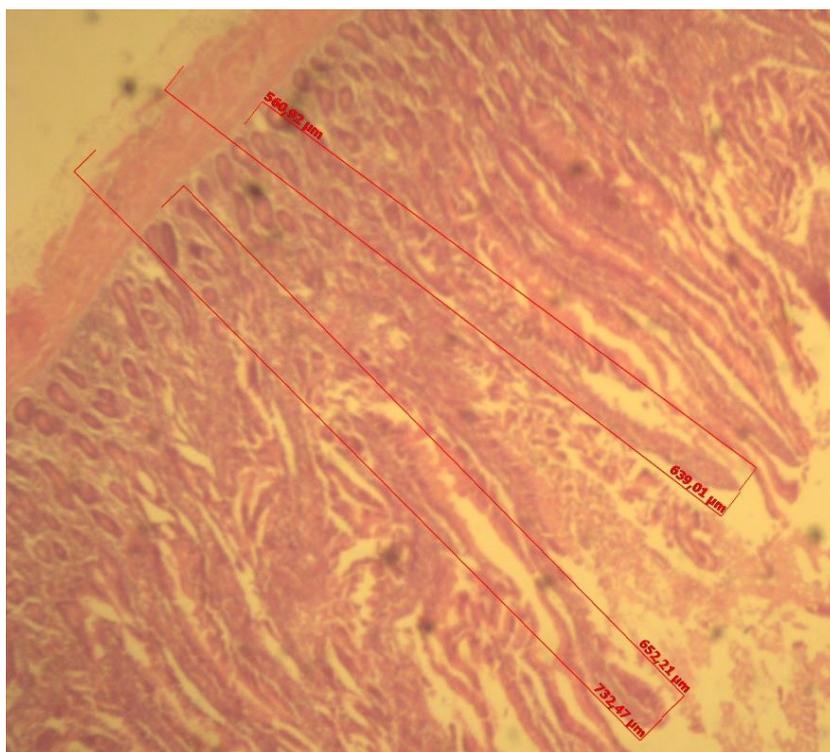


Figura 26. Visualização das vilosidades duodenais (μm) de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

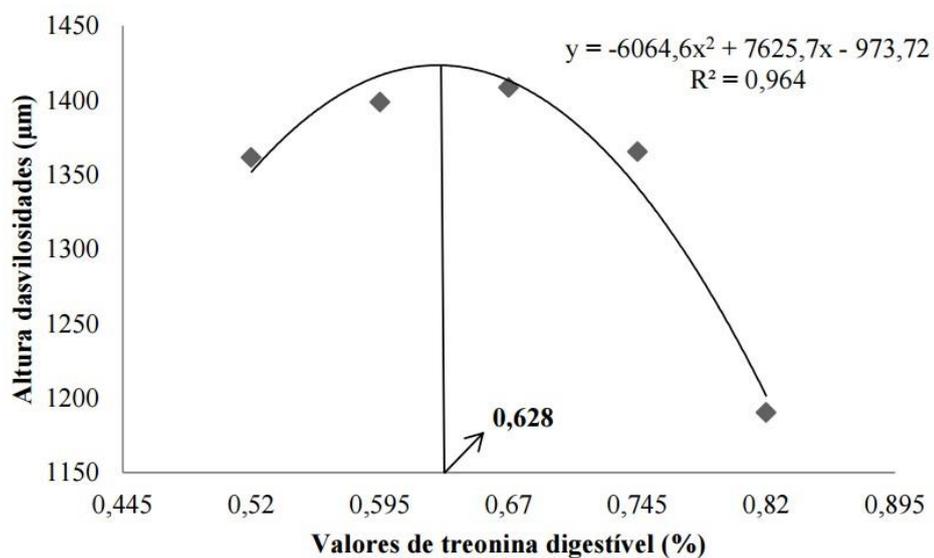


Figura 27. Altura das vilosidades duodenais de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

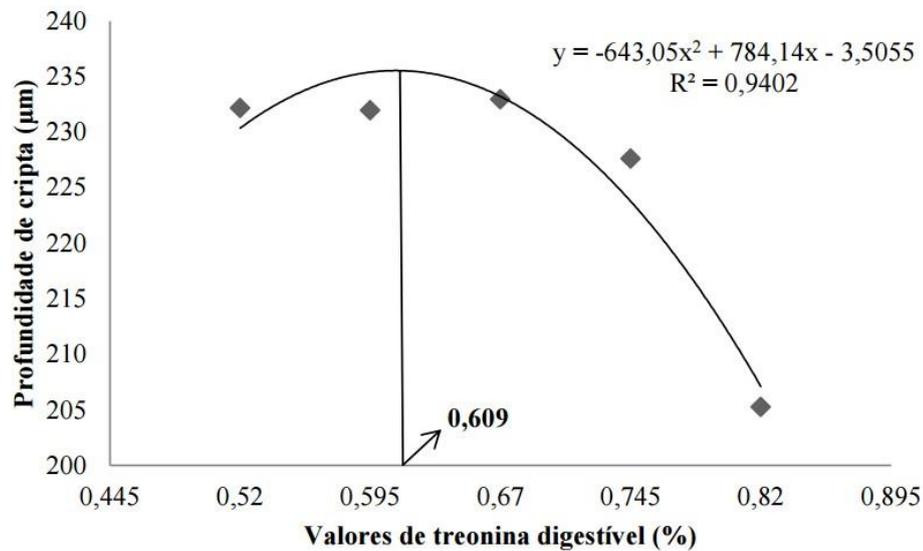


Figura 28. Profundidade de cripta duodenal de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

O conhecimento da altura máxima das vilosidades e profundidade da cripta é fundamental, pois quanto maior os valores dessas estruturas celulares, maiores são as possibilidades de melhores taxas de digestão e absorção em virtude do aumento da superfície de contato com a digesta (ARTONI et al., 2014) e o desenvolvimento da cripta desempenha papel preponderante no aumento da renovação e maturação celular no intestino (GEYRA et al., 2001), além disso quanto maior o valor da profundidade de cripta maior será a proliferação celular para o *turnover* do tecido, que compensa as possíveis perdas das extremidades das vilosidades (PLUSKE et al., 1997).

O comportamento quadrático das duas variáveis analisadas mostra que há um aumento gradativo da altura e profundidade até um ponto máximo, o que pode sugerir uma deficiência de treonina na dieta. Isso pode ocorrer principalmente pelo fato da área de superfície das vilosidades serem afetadas diretamente pela treonina, que possui maior ação nessas células quando comparadas com a lisina e metionina (SADRZADEH et al., 2015). Além disso, a treonina possui maior metabolismo nas vísceras que são drenadas pelo sistema portal em relação a outros aminoácidos essenciais (SCHAART et al., 2005).

Os tecidos gastrointestinais possuem um *turnover* alto de proteína e é possível que quando se eleva os valores de treonina nas dietas haja um fornecimento necessário para essa alta taxa de renovação e assim manter a estrutura morfológica do intestino adequada (ABASSI et al., 2013). A deficiência do aminoácido pode prejudicar esse *turnover* e consequentemente a correta maturação celular, o que pode explicar o aumento gradativo na altura dos vilos e profundidade da cripta até o ponto máximo observado nesta pesquisa.

Tais aumentos foram reportados por Zaefarian et al. (2008) que observou redução na altura das vilosidades em frangos alimentados com dietas contendo valores de treonina abaixo das recomendações. Hamard et al., (2007); Chee et al., (2010) e Rezaeipour & Irani (2012) também observaram que dietas deficientes em treonina apresentaram efeito negativo na morfologia intestinal, como redução na altura das vilosidades, evidenciando que as dietas com valores de treonina próximas as recomendadas são importantes para a manutenção da estrutura intestinal.

As exigências encontradas estão abaixo das recomendadas por Lima Neto (2010) que observou valor de 0,68% para o melhor desenvolvimento da mucosa intestinal de frangos de corte de linhagem convencional na fase inicial, na qual o autor concluiu que as exigências para o crescimento de células intestinais da mucosa é diferente das exigências observadas para o desempenho animal.

Após o valor máximo observado nas Figuras 28 e 29, ocorre um decréscimo na altura dos vilos e na profundidade da cripta. A princípio, pode-se inferir que houve um excesso de treonina nas dietas que levou a diminuição dessas estruturas.

Jazideh et al. (2014) concluíram que após os requisitos de treonina para o adequado funcionamento das células intestinais serem atendidos, os valores em excesso desse aminoácido não exercem influência nestas estruturas. Em sua investigação Chee et al. (2010) também não observaram diferenças no tamanho das vilosidades e criptas no intestino de frangos alimentados com dietas contendo valores de treonina acima das recomendações.

Essas contradições podem ser explicadas pelas diversas interações que podem exercer efeitos sobre o desenvolvimento dessas células. Alterações nas alturas das vilosidades e profundidades de criptas estão relacionados primeiramente pelo intenso processo de renovação do ápice do vilos (MARCHINI et al., 2009) e maturação celular. Tais fatores são influenciados pela composição da dieta que pode afetar diretamente o número de células caliciformes (FERNANDEZ et al., 2000), e o requerimento de treonina, pois este aminoácido está relacionado intimamente com o desenvolvimento da mucosa intestinal (ZAGHARI et al., 2011).

4.6 Quantificação da Mucina Intestinal

A determinação da produção de mucina intestinal ocorreu nos experimentos I (10 a 28 dias), III (50 a 69 dias) e IV (70 a 84 dias), sendo observados efeitos quadráticos ($p=0,001$) nos três experimentos estudados (Tabela 12).

Tabela 12. Produção de mucina intestinal de frangos de corte de menor potencial genético nas fases de crescimento I, II e final em função dos valores de treonina digestível na dieta.

Valores de treonina digestível (%)	Mucina bruta (g/Kg de excreta)
Fase Inicial (10 a 28 dias)	
0,622	368,2
0,697	513,2
0,772	489,5
0,847	510,3
0,922	387,1
CV*	4,80
p-valor	0,001
Fase Crescimento II (49 a 69 dias)	
0,570	321,2
0,640	359,1
0,710	426,6
0,780	410,3
0,850	380,4
CV*	5,20
p-valor	0,001
Fase Final (70 a 84dias)	
0,520	355,2
0,595	389,4
0,670	418,6
0,745	396,0
0,820	385,1
CV*	4,12
p-valor	0,001

*CV = coeficiente de variação.

**P-valor quadrático a 5% de significância.

Em todos os experimentos o aumento dos valores de treonina digestível nas dietas resultaram em maior produção de mucina bruta intestinal até um ponto máximo, decrescendo em seguida, estimando esse ponto como sendo a exigência para a máxima produção de mucina em 0,775% na fase inicial, 0,747% na fase de crescimento II e 0,690% na fase final (Figura 29, 30 e 31, respectivamente).

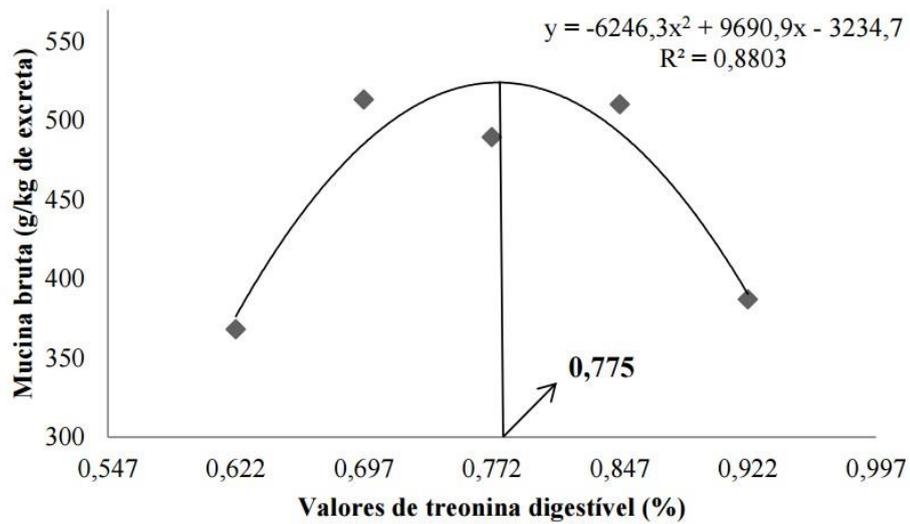


Figura 29. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase inicial alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

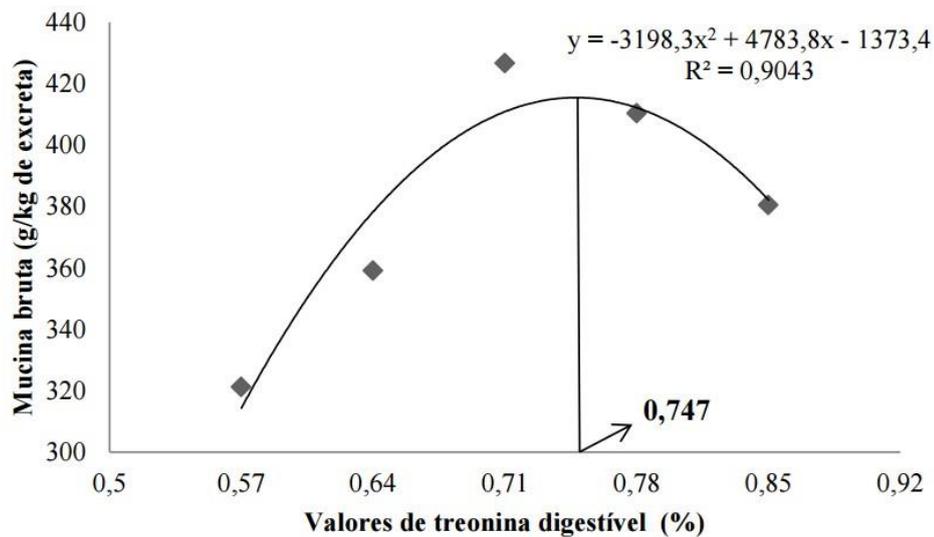


Figura 30. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase de crescimento II alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

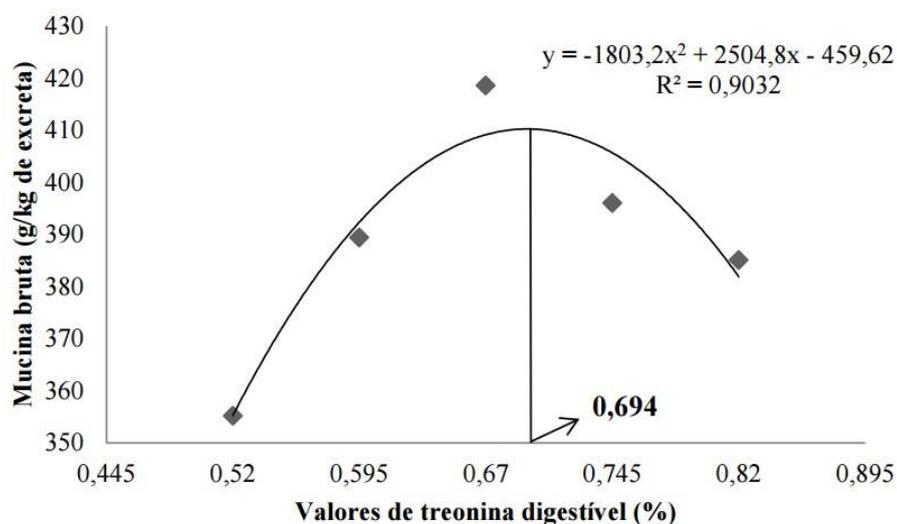


Figura 31. Produção de mucina intestinal de frangos de corte na fase final alimentados com dietas contendo diferentes valores de treonina digestível.

Na fase inicial a exigência de 0,775% de treonina digestível corresponde a uma produção máxima de 524,9 g de mucina intestinal, esse valor é 70,14% maior que o menor valor observado (368,2 g) que foi na dieta basal. Na fase de crescimento II, a estimativa da exigência acarreta na produção máxima de 448,9 g de mucina bruta intestinal e na fase final o valor de 0,690% de treonina digestível na dieta produz 410,2 g de mucina.

É importante ressaltar que a mucina, principal componente do muco intestinal, está ligada a proteção do intestino contra agentes físicos, químicos e biológicos que podem estar presentes no lúmen intestinal (MYERS et al., 2008) e o aumento na produção de mucina intestinal está associado a um melhor aproveitamento dos nutrientes (FAURE et al., 2005) e que, dessa forma, a identificação da máxima produção dessa glicoproteína é importante para considerarmos um ambiente intestinal com condições de proteção e seletividade adequado para uma ótima nutrição e desempenho animal.

A produção de mucina intestinal está associada à atividade das células caliciformes que estão presentes na região das criptas intestinais uma vez que estas são produtoras dessas glicoproteínas (TSIRTSAKIS et al., 2012), e de acordo com Abassi et al. (2014) a redução da proteína bruta na dieta pode levar a diminuição da produção de células caliciformes que consequentemente leva a uma menor produção de mucina intestinal.

A relação do aminoácido treonina com a produção de células caliciformes e da tradução dos genes (MUC2) que podem afetar a produção de mucina intestinal, ainda não estão bem esclarecidos. Porém, é de conhecimento que esse aminoácido após ser absorvido pelo organismo animal tenha como destino primário a síntese de proteínas intestinais (KIM et al., 2007) e que são rapidamente degradadas, necessitando de reposições constante via alimentação. Portanto, dietas com baixos valores de treonina podem afetar negativamente a eficiência dessa recuperação (DOZIER et al., 2001), demonstrando que a treonina pode exercer maior influência como um substrato para síntese de mucina do que sobre a expressão de células caliciformes (OSPINA-ROJAS et al., 2013).

A produção de mucina intestinal é muito dinâmica e dependente de vários fatores químicos e bioquímicos, sendo assim, pode-se inferir que o aumento gradativo da produção de mucina com o aumento dos valores de treonina nas dietas esteja relacionado à deficiência desse aminoácido nas dietas basais, que poderia estar limitando a síntese dessa glicoproteína

pelas células caliciformes. Horn et al. (2009) mostrou que mesmo o mecanismo ainda não sendo bem compreendido, a deficiência de treonina limita a síntese de mucina intestinal.

Por outro lado, após o atendimento da exigência, o declínio na produção com aumento dos valores de treonina na dieta pode estar associado a um excesso desse aminoácido que pode ter levado o organismo a um desvio na rota metabólica optando por uma via não dependente de glicina a partir da ação da enzima treonina desidratase, que limitaria o fornecimento de serina e prolina. De acordo com Abassi et al., (2014) esses aminoácidos, após a treonina, são importantes na formação da mucina pelas células caliciformes. Faure et al. (2006) sugeriu que o fornecimento de valores maiores de treonina com serina, prolina e cisteína pode melhorar a produção de mucina intestinal.

Esses dados diferem dos encontrados por Horn et al. (2009) que avaliando a dinâmica intestinal de pintos de corte encontraram efeito linear positivo, ou seja, a medida que houve aumento nos valores de treonina ocorreu aumento na produção de mucina, entretanto, estes autores estudaram apenas três valores de treonina na dieta (3,3; 5,8 e 8,2 g/kg). Ospina-Rojas et al. (2013) também observaram efeito significativo linear para aumento de mucina a partir do aumento da inclusão de treonina, não encontrando efeitos significativos na produção de células caliciformes.

É possível observar que nesta pesquisa a produção de mucina apresentou comportamento semelhante às variáveis de morfometria intestinal.

5 CONCLUSÕES

Podem ser recomendados os valores de 0,890; 0,767%; 0,733% de treonina digestível, respectivamente, para a fase inicial, crescimento I e II com base na menor conversão alimentar e de 0,694% de treonina digestível para fase final com base na maior produção de mucina intestinal.

Para menor conversão alimentar, se recomenda a relação treonina:lisina digestível de 76,06; 53,19; 74,26% para as fases inicial, crescimento I e II respectivamente, e 72,29% para maior produção de mucina intestinal.

A treonina exerce efeitos significativos na altura das vilosidades, profundidades de criptas e na produção de mucina intestinal.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABASSI, M. A.; MAHDAVI, A. H.; SAMIE, H. A.; JAHANIAN, R. Effects of different levels of dietary crude protein and threonine on performance, humoral immune responses and intestinal morphology of broiler chicks. **Revista Brasileira de Ciência Avícola.**, Campinas, v.16, n.1, p. 35-44, Jan/Mar.2014.
- AHMADI, H.; GOLIAN, A. The integration of broiler chicken threonine responses data into neural network models. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2535-2541, Nov. 2010.
- AKAGI, S. SATO, K. OHHMORI, S. Threonine metabolism in Japanese quail liver. **Amino Acids**,v. 26. p. 235-242, jun. 2004.
- ALBINO, L. F. T. et al. Efeito da suplementação da enzima fitase sobre o metabolismo de poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 10, p. 152-155, 2008.
- ALLEN, A.; PEARSON, J. P. Mucus glycoproteins of the normal gastrointestinal tract. **European Journal of Gastroenterology & Hepatology**.v 5, n 4, p. 193–199, Abr. 1993.
- ALMEIDA, J. M.; STEFANI, L. C.M.; LOYOLA, W. Importância da imunidade nas aves. In: III SIMPÓSIO DE SUSTENTABILIDADE E CIÊNCIA ANIMAL. São Paulo. 2013. **Anais...** São Paulo, SCA. Disponível em: http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_055.pdf. Acesso em: 10/07/2014.
- AMARANTE JUNIOR, V. S.; COSTA, F. G. P.; BARROS, L. R et al. Níveis de lisina para frangos de corte nos períodos de 22 a 42 e de 43 a 49 dias de idade, mantendo a relação metionina + cistina. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v.34, n.4, p.1188-1194, Jul/Ago. 2005.
- ARAÚJO, C. S. S.; ARTONI, S. M. B; ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; BORGES, S. A. Avaliação do desempenho e excreção de cálcio em duas linhagens de frangos de corte, na fase inicial, alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 04, n.2, p. 111 – 118, 2002.
- ARAUJO, L. F.; GOMES, G.A. Nutrição e adaptações digestivas pós-eclosão. In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES, 2004. Jaboticabal. **Anais...** [CD- ROM], Jaboticabal, UNESP, 2004.
- ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, C. S.S.; ARTONI, S.M.B; FARIA FILHO, D. B. Diferentes Critérios de Formulação de Rações para Frangos de Corte no Período de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola.**, Campinas, v.4, n.3, p. 195 – 202, Set-Dez. 2002.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O. M; ARAÚJO, C. S.S. Redução do Nível Protéico da Dieta, Através da Formulação Baseada em Aminoácidos Digestíveis. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1197-1201, julho-agosto 2004.

ARAÚJO, L. F.; JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, C. S.C.; SAKOMURA, N. K.; ANDREOTTI, M. O.; SUGUETA, S. M. Diferentes Perfis de Aminoácidos para Frangos de Corte no Período de 43 a 56 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.31, n.1, p.387-393, 2002

ARTONI, S. M. B.; NAKAGHI, L. S.; BORGES, L.L.; MACARI M. Sistema Digestório das Aves. In: SAKOMURA, et al. (Ed.).**Nutrição de Não Ruminantes.** p. 02-17, 2014.

ATENCIO, A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; VIEITES, F. M.; DONZELE, J. L. Exigências de treonina para frangos de corte machos nas fases de 1 a 20, 24 a 38 e 44 a 56 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v.33, n.4, p.880-893, Jul-Ago. 2004.

ATENCIO, A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; VIEITES, F.M. Exigências de Metionina + Cistina para Frangos de Corte Machos em Diferentes Fases de Criação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.5, p.1152-1166, Set-Out. 2004.

AYASAN, T.; OKAN, F.; Threonine Requirement of Female Broilers from 22 to 42 days of age. **Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, v. 6, n. 1, p. 15-21, 2011.

AZZAN, M. M.M.; ZOU, X. T.; DONG, X. Y.; XIE, P. Effect of supplemental L-threonine on mucin 2 gene expression and intestine mucosal immune and digestive enzymes activities of laying hens in environments with high temperature and humidity. **Poultry Science.** v. 90, n 10, p. 2251–2256, Out. 2011.

BABAEI, M. J. Estimation of dietary threonine requirement for starter period of broilers based on the performance and immune responses criterion. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences.** v. 5, n. 3, p. 412-416, 2013.

BAKER, D. H.; HAN, Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science.**, v.73, p.1441-1447, 1994.

BARBOSA, M. J. B.; JUNQUEIRA, O. M.; ADREOTTI, M. O.; CANCHERI, L. C.; ARAÚJO, L. F. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte submetidos a diferentes níveis de treonina e lisina, na fase final de criação. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v. 30, n. 5, p.1476- 1480, 2001.

BAURHOO, B.; GOLDFLUS, F.; ZHAO, X. Purified cell wall of *Saccharomyces cerevisiae* increases protection against intestinal pathogens in broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 2, p. 133-137, 2009.

BERNARDINO, V. M. P.; ALBINO L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Efeito de diferentes relações treonina:lisina digestíveis, suplementadas ou não com glicina, sobre a atividade enzimática em pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.40, n.12, p.2732-2738, 2011.

BERNARDINO, V. M. P; ALBINO, L. F T.; ROSTAGNO, H. S. Suplementação de glicina para pintos de corte submetidos a dietas com diferentes relações treonina:lisina digestíveis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.**, v.13, n.1, p.173-180 jan-mar, 2012.

BERNARDINO, V.M.P. **Diferentes relações treonina:lisina em dietas para pinto de corte, suplementadas com glicina: desempenho e atividade enzimática.** 2008. 55f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

BERRES, J. **Relações crescentes entre treonina e lisina digestível a partir de L-treonina e farelo de soja para frangos de corte.** 2006. 174f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BIRD, M. I.; NUNN, P. B.; LORD, L. A. J. Formation of glycine and aminoacetone from L-threonine by rat liver mitochondria. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)**. v. 802, n. 2, p. 229–236, 1984.

BOARO, M. **Morfofisiologia do trato intestinal.** 2009. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/morfofisiologia-trato-intestinal-fisiologia-frango-t165/141-p0.htm>> Acesso em: 15/03/2016.

BOLELI, I. C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. Estrutura Funcional do Trato Digestório. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (ed.). **Fisiologia Aviária Aplicada a frangos de corte.** 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 75-95.

BOWLAND, J. P. Swine milk composition - a summary. In: BUSTAD, L. K.; MCCLELLAN, R. O. **Swine in Biomedical Research.** Seattle, Frayn Printing Co., 1996. p. 97.

BREGENDAHL, K.; SELL, J. L.; ZIMMERMAN, D. R. Effect to low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. **Poultry Science** v. 81, n. 8, p. 1156-1167, Ago. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 17, de 18 de junho de 2014. Dispõe sobre regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos sistemas orgânicos de produção. Brasília, DF. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/06/regras-para-sistemas-organicos-de-producao-sao-ajustadas>> Acesso em: 10 de março de 2016.

BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; JARDIM FILHO, R. M.; XAVIER, S. A. G.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, S. M. Protein and digestible threonine levels in pre starter diets for broiler chicks. **International Journal of Poultry Science** 12 (7): 406-410, 2013.

BURACZEWSKA, L.; SWIECH, E.; LE BELLEGO, L. Nitrogen retention and growth performance of 25 to 50 kg pigs fed diets of two protein levels and different ratios of digestible threonine to lysine. **Journal Animal Feed Science.** v. 15, p. 25-36, 2006.

CAMPOS, A. M. A.; ROSTAGNO, H. S.; NOGUEIRA, E. T.; ALBINOS, L. F. T.; PEREIRA, J. P. L.; MAIA, R. C. Atualização da proteína ideal para frangos de corte: arginina, isoleucina, valina e triptofano. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.41, n.2, p.326-332, 2012.

CARVALHO, T. A. **Avaliação de dietas com glutamina e glicina para pintos de corte contendo diferentes relações treonina:lisina.** 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CASTRO, A. G. M. Patologias gastrointestinais: importância do controle. In: FORUM INTERNACIONAL DA AVICULTURA, 1., 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Editora Aimal World, v. 1, 2005.

CELLA, P. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R.F. M.; ALBINO, L. F. T.; FERREIRA, A. S.; GOMES, P. C.; VALERIO, S.R.; APOLONIO, L. R. Níveis de lisina mantendo a relação aminoacídica para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 30, n. 2, p. 433-439, 2001.

CHEE, S. H.; IJI, P. A.; CHOCT, M.; MIKKELSEN, L. L.; KOCHER, A. Functional interactions of manno-oligosaccharides with dietary threonine on chicken gastrointestinal tract. I. Growth performance and mucin dynamics. **British Poultry Science.** v. 51, p. 658–666, 2010.

CONHALATO, G. S.; DONZELE, J. L.; ALBINO, L. F. T.; OLIVEIRA, R. F. M.; FONTES, D. O. Níveis de lisina digestível para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.28, n.1, p.98-104, 1999.

CORFIELD, A. P.; MYERSCOUGH, N.; LONGMAN, R.; SYLVESTER, P.; ARUL, S.; PIGNATELLI, M. Mucins and mucosal protection in the gastrointestinal tract: New prospects for mucins in the pathology of gastrointestinal disease. **Journal of the British Society of Gastroenterology**, v.47, p. 589–594, 2000.

CORZO, A.; KIDD, M.T.; DOZIER, W.A.; PHARR, G.T.; KOUTSOS, E.A. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, p. 574-582, 2007.

COSTA, F. G. P. **Níveis dietéticos de lisina e proteína bruta para frangos de corte.** 2000. 156 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. **British Poultry Science.** v.45, p.101–108, 2004.

CUPERTINO, E.S. **Exigências nutricionais de lisina, de metionina + cistina e de treonina para galinhas poedeiras no período de 54 a 70 semanas de idade.** 2006. 134f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

D’MELLO, J. P. F. **Amino Acids in Farm Animal Nutrition.** Wallingford: CAB International, 1994.

DE BLAS, C.; GARCÍA, A. L.; CARABAÑO, R. **Necessidades de treonina em animais monogástricos.** 2000. FEDNA Departamento de Producción Animal Universidad Politécnica de Madrid. Disponível em: <<http://www.etsia.upm.es/fedna/capítulos/00CAP1.pdf>> Acesso em: 22/07/2014.

DOZIER III, W. A.; MORAN JR, E. T; KIDD, M. T. Comparisons of Male and Female Broiler Responses to Dietary Threonine from 42 to 56 Days of Age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, n. 1, p. 53-59, 2000.

DOZIER III, W. A.; MORAN JR, E. T.; KIDD, M. T.. Broiler chick utilization of threonine from fermentation by-product broth. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 12, p. 299–305, 2003.

DOZIER III, W.A.; MORAN JR, E.T.; KIDD, M. T.. Comparisons of male and female broiler responses to dietary threonine from 42 to 56 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, p. 53-59, 2001.

DOZIER III, W.A.; MORAN JUNIOR, E.T.; KIDD, M.T. Male and female responses to low and dequate dietary threonine on nitrogen and energy balance. **Poultry Science**, v.80, p.926-930, 2001.

DUARTE, K. F.; JUNQUERIA, O. M.; FILARDI, F. S.; SIQUEIRA, J. C.; GARCIA, E. A.; LAURENTI, A. C. Exigências em treonina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.41, n.1, p.72-79, 2012.

DUARTE, K.F.; JUNQUEIRA, O. M.; FILARDI, R.S. Exigências em treonina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.41, n.1, p.72-79, 2012.

EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.6 p.462-470, 1997.

ESTALKHZIR, F. M.; KHOJASTEH, S.; JAFARI, M. The effect of different levels of threonine on performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Polymer Science.**, v. 2, n 9, p. 382-386, 2013.

FARIA FILHO, D. E., TORRES, K.A.A. Proteína Ideal para Frangos de Corte. **Revista Aveworld**. p. 58- 63, 2007.

FARREL, C. L.; KOONG, K. J. Influence of plane nutrition on body composition, organ size and energy utilization of sprague-dawley rats. **Journal of Nutrition**, n. 116, p. 2525-2535, 1986.

FAURE, M.; METTRAUX, C.; MOENNOZ, D.; GODIN, J. P.; VUICHOUD J.; ROCHAT, F.; BREUILLE, D.; OBLED, C.; CORTHEZY-THEULAZ, I. Specific amino acids increase mucin synthesis and microbiota in dextran sodium-treated rats. **Journal of Nutrition**. v. 136, p. 1558–1564, 2006.

FAURE, M.; MOENNOZ, D.; MONTIGON, F.; METTRAUX, C.; BREUILLE, D.; BALLEVRE, O. Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. **Journal of Nutrition**. v. 135, p. 486–491, 2005.

FERNANDES, J. I. M. **Efeito da suplementação de arginina e lisina sobre o crescimento, imunidade e metabolismo muscular e ósseo de frangos de corte.** Tese (Doutor em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná, SC, 2007.

FERNANDEZ, F. et al. Diet Influences the colonisation of *Campylobacter jejuni* and distribution of mucin carbohydrates in the chick intestinal tract. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.57, p.1793–1801, 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar – a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ARAÚJO, C. A.; SILVA, F.C. O.; VAZ, R. G. M.V.; REZENDE, W. O. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.3, p.1056-1062, 2006 (supl.).

FIGUEREDO, D.F. **Efeito do estresse sobre a expressão de HSP70 em embriões e a resposta imune pós-eclosão em frangos de corte.** 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

FILIPE, M. I. Mucins and gastrointestinal malignancy. A new approach to the interpretation of biopsies. **Acta Medica Portuguesa.** v. 1, p. :351–365, 1979.

FORSTNER, G.; FORSTNER, J. F. Gastrointestinal mucus. In: **PHYSIOLOGY OF THE GASTROINTESTINAL TRACT.** R.. New York, 1994 **Anais...** Nova York, 1994..

FULLER, M.F. Amino acids requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D”MELLO, J.P.F (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition.** p.155-184, 1994.

GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure chickens: growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition.** v. 55, p. 195-204, 1996.

GEYRA, A.; UNI, Z.; SKLAN, D. Enterocyte dynamics and mucosal development in the posthatch chick. **Poultry Science**, v. 80, p.776–782, 2001.

GIETZEN, D.W. Neural mechanisms in the response to amino acid deficiency. **Journal of Nutrition**, v.123, p. 610-625, 1993.

GOMIDE, E . M.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; FIALHO, E. T. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, n.6, p.1769-1774, 2007.

GONG, L. M.; LAI, C. F.; QIAO, S. Y.; DEFA LI, X.; LIU, Y. L. Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and serum biochemical parameters of broilers fed low-protein diets supplemented with various ratios of threonine to lysine. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v 18, n 8, p. 1164-1170, 2005.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESONA, S. A. Physiological and metabolic responses of

broilers to heat stress - implications for protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal** v. 62, n 2, 282-295, 2006.

GUM JR, J. R. Mucins; their structure and biology. *Biochem. **Biochemical Society Transactions***. v. 23, p. 795–799, 1995.

HACKENHAAR, L.; LEMME, A. Como Reduzir o Nível de Proteína em Dietas de Frangos de Corte, Garantindo Performance e Reduzindo Custos. In: VII SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA E II SIMPÓSIO GOIANO DE SUINOCULTURA – Avesui Centro-Oeste Seminários Técnicos de Avicultura, **Anais...** setembro de 2005.

HAMARD, A. B.; SÈVE, N. LE FLOC'H. Intestinal development and growth performance of early-weaned piglets fed a lowthreonine diet. **Animal**, v. 1, p. 1134–1142, 2007.

HOLLINGSWORTH, M. A.; SWANSON, B. J. Mucins in cancer: protection and control of the cell surface. **Nature Reviews Cancer**.v. 4, p.45–60, 2004.

HONDA, K.; TAKEDA, K. Regulatory mechanisms of immune responses to intestinal bacteria. **Mucosal Immunology - Nature**. v. 2, p.187–196, 2009.

HORN, N.L.; DONKIN, S. S.; APPLGATE, T. J.; ADEOLA, O. Intestinal mucin dynamics: Response of broiler chicks and White Pekin ducklings to dietary threonine. **Poultry Science**. v. 88, p.1906–1914, 2009.

HOUSE, J.D.; HALL, B.N.; BROSANAN, J.T. Threonine metabolism in isolated rat hepatocytes. **American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism**, v. 281, p.300-307, 2001.

JAZIDEH, F.; FARHOOMAND, P.; DANESHYAR, M.; NAJAFI, G. The effects of dietary glutamine supplementation on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens reared under hot conditions. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 38, p. 264-270, 2014.

JORDÃO FILHO, J.; SILVA, J. H. V.; SILVA, E. L.; RIBEIRO, M. L. G.; MARTINS, T. D. D.; RABEBLLO, C. Exigências nutricionais de metionina+cistina para poedeiras semipesadas do início de produção até o pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.3, p.1063-1069, 2006. (supl.).

KHAN, A. R.; NAWAYS, H.; ZAHOOR, T. Effect of different levels of digestible threonine on growth performance of broiler chicks. **Journal of Animal and Plant Sciences**. v. 16, p.1-2, 2006.

KIDD, M. T. Nutricional reserach on threonine in broilers. **Proceedings - Australian Poultry Science Symposium**, 1999.

KIDD, M. T.; CORZO, A.; HOEHLER, D.; KERR, B. .; BARBER, S. J.; BRANTO, S. L. Threonine needs of broiler chickens with different growth rates. **Poultry Science**, v. 83, p.1368– 1375, 2004.

KIDD, M. T.; KERR, B. J. Threonine responses in comercial broilers at 30 to 42 days. **Journal of Applied Poultry Reserach**, v.76, p. 608-614, 1997.

KIDD, M. T.; ZUMWALT, C. D. Broiler growth and carcass responses to diets containing L-threonine versus diets containing threonine from intact protein sources. **Journal of Applied Poultry Research.**, v. 11, p. 83–89, 2002.

KIDD, M.T. Nutricional considerations concerning threonine in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 56, p. 139-151, 2000.

KIM, D.H.; BRUNT, J.; AUSTIN, B. Microbial diversity of intestinal contents and mucus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Microbiology**, vol. 102, p.1654-1664, 2007.

KIM, S. W.; MATEO, R. D.; YIN Y. L.; WU, G. Functional amino acids and fatty acids for enhancing production performance of sows and piglets. **Asian-Australian Journal of Animal Science**. v. 20, p. 295–306, 2007.

KIM, Y. S.; HO, S. B. Intestinal goblet cells and mucins in health and disease: recent insights and progress. **Current Gastroenterology Reports**. v. 12, n.5,p. 319–330, 2010.

KLASING, K.; KOVER, D. Leukocytic Cytokines Regulate Growth Rate and Composition Following Activation of the Immune System. **Journal Animal Science**, v.75, n.2, p.58-67, 1997.

KREHBIEL, C. R.; MATTHEWS, J.C. Absorption of amino acids and peptides. In: D'MELLO, J. P.F. (Ed.). **Amino acids in Animal Nutrition**. p. 41-70 CABI, 2003.

LAW, G. K.; BERTOLO, R. F.; ADJIRI-AWERE A.; PENCHARZ, P. B.; BALL, R. O. Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. **Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 292, p.1293–1301, 2007.

LELIS, G. R. **Atualização da proteína ideal para poedeiras semipesadas: treonina e valina**. 2010. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

LENSING, M.; VAN DER KLIS, J.D.; LE BELLEGO, L et al. The treonine rqueriment of broiler chickens during subclinical intestinal infection, In: SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRICIONAL. Strasbourg, France, 2007. **Anais...** France, 2007

LI, P. et al. Amino acids and immune function: review article. **British Journal of Nutrition**, v. 98, p. 237-252, 2007.

LIMA NETO, R. C.; **Níveis de treonina, glicina+serina e suas relações para pinto de corte**. 2010. 121f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Areia, 2010.

LIMA NETO, R.C.; COSTA, F.G. P.; FURLA, R. L.; GIVIZEIS, P. E. N.; GOULART, C. C.; OLIVEIRA, C. F. S.; MORAIS, S. A. N.; BEZERRA, R. M.; LIMA, M. R. Levels of digestible threonine for male broilers from 1 to 7 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 21, p. 757– 763, 2012.

LISBOA, J.S.; SILVA, D.J. Rendimento de carcaça de três grupos genéticos de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.548-554, 1999.

LU, J.; IDRIS, U.; HARMON, B.; HOFACRE, C.; MAURER, J. J.; LEE, M. D. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. **Applied and Environmental Microbiology**., v. 69, p. 6816–6824, 2003.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 375p., 2002.

MACARI, M.; MAIORKA, A. Função Gastrointestinal e seu impacto no Rendimento Avícola In: CONFERÊNCIA APINCO 2000, Campinas, SP. **Anais...** Conferência APINCO de ciência e tecnologia avícola, Campinas, p. 161-174, 2000.

MAIORKA, A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. In: V SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. Chapecó, Santa Catarina, **Anais...** Brasil, p. 26–41, 2004.

MARCHINI, C. F. P.; SILVA, M. R. B. M.; NASCIMENTO, M. E; BELETTI, M.E; GUMARÃES, E.C; SOARES, H.L. Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.2, p.491-497, 2009.

MARTELLI, S.M.; LAURINDO, J.B.; MOORE , G.R.P.; GONDOLFO, C.A.P.; PAES, S.S., **LWT-Food Science Technology**., v. 39, p. 292-301, 2006.

MEHRI, M.; NASSIRI-MOGHADDAM, H.; KERMANSHAHI, H.; DANESH-MESGARAN, M. Digestible threonine needs of straight-rum broiler during the growing period. **Jornual of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, n.16, p. 2190-2193, 2010.

MENDONZA, M. O. B.; COSTA, P. T. C.; KATER, L. H.; BENETTI, A. C.; SANTI, Z. B.; WELTER, J. M. Desempenho de frangos de corte, sexados, submetidos a dietas formuladas pelos conceitos de proteína bruta versus proteína ideal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.111-115, 2001.

MIYADA, V.S. Novas tendências para a nutrição de suínos em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.34-60.

MONTAGNE, L.; PIEL, C.; LALLES, J. P. Effect of diet on mucin kinetics and composition: Nutrition and health implications. **Nutrition Reviews**. V. 62, p. 105–114, 2004.

MONTAGNE, L.; TOULLEC, R.; LALLES, J. P. Calf intestinal mucin: Isolation, partial characterization, and measurement in ileal digesta with an enzyme-linked immunosorbent assay. **Journal of Dairy Science.**, v. 83, p. 507–517, 2000.

MORI, A. **Relação entre o ensaio de digestibilidade de nutrientes e a integridade intestinal de frangos de corte submetidos a desafios químicos e microbiológicos.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

MOORE, G. R. P.; MARTELLI, S. M.; GANDOLFO, C. A.; PIRES, A. T. N.; LAURINDO, J. B. Queratina de penas de frango: extração, caracterização e obtenção de filmes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, Campinas, v. 26, n.2, p. 421-427, abr.-jun. 2006.

MOURA, A. M. A.; Conceito de proteína ideal aplicado na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutrine**, v. 1, n. 1, p.31-34, 2004.

MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V.W. **Harper's Illustrated Biochemistry**, 26^a ed. 2003. São Paulo, Ed. Atheneu, 783p.

MYERS, B.M. FREDENBURGH, J.L.; GRIZZLE, W.E. Carbohydrates. In: BANCROFT, J.D.; GAMBLE, M. (Eds). **Theory and practice of histological techniques**. 6.ed. Philadelphia: Elsevier, cap.11, p.161-187, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1994. 154 p.

NELSON, D. L. & COX, M.M. **Lehninger: Princípios de Bioquímica**. 3^a edição. São Paulo, SP, Editora Sarvier, Brasil. 2002.

NERY, L.D. **Uso de anticoccidiano, de glicina, glutamina/ácido glutâmico em dietas com diferentes relações treonina/lisina para frango de corte criados sob desafio sanitário.** 2009. 92f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

NOGUEIRA, E. Nutrição de aminoácidos para frangos de corte. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI/AVICULTURA, Florianópolis, SC, Abril de 2006. **Anais...** Brasil, 2006.

OJANO-DIRAN, C. P.; WALDROUP, P. W. Evaluation of lysine, methionine and threonine needs of broilers three to six weeks of age under moderate temperature stress. **International Journal of Poultry Science**. v. 1, n. 1, p. 16-21, 2002.

OLÁH, I. VERVELDE, L. Structure of the avian lymphoid system. In: **Avian Immunology**. 1.ed. San Diego: Elsevier, 2008. cap.2, p.13-50.

OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, F. F.M.; DONZELE, J. L.; CECON, P. R.; VAZ, R.G. M. V.; ORLANDO, U. A. D. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.35, n.4, p.1398-1405, 2006.

ONIFADE, A.A., AL-SANE, A.A.; AL-MUSALLA, AL-ZARBAN, S. A review: Potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources. **Bioresource Technology**. v. 66, p. 1-11, 1998

OSPINA-ROJAS, I. C.; MURAKAMI, A. E.; EYNG, C.; PICOLE, K. P.; SCAPINELLO, C.; DUARTE, C. R. A. Threonine-lysine ratio on the requirements of digestible lysine in diets for broilers **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 2, p. 157-162, Apr.-June, 2014.

OSPINAS-ROJAS, I.C.; MURAKAMI, A. E.; OLIVEIRA, C. A. L.; GUERRA, A. F. Q. G. Supplemental glycine and threonine effects on performance, intestinal mucosa development, and nutrient utilization of growing broiler chickens. **Poultry Science** 92 :2724–2731, 2013.

PACK, M. Proteína ideal para frangos de corte. Conceito atual. In: COFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Curitiba, **Anais...** p. 95-110, 1995.

PENZ, A. M., COLNAGO, G. L., JENSEN, L. S. 1991. Threonine requirement of broiler chickens from 3 to 6 weeks of age. **Poultry Science.**, p. 70-93 (Supplement)

PINHEIRO, S. R. F.; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D. C. N.; DOURADO, L. R. B.; FERNANDES, J. B. K.; THOMAZ, M. C. Níveis nutricionais de fósforo disponível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.361-369, 2011a.

PINHEIRO, S.R.F.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C.; MARCATO, S.M.; DOURADO, L.R.B.; FERNANDES, J.B.K.; MALHEIROS, E.B. Níveis nutricionais de cálcio para aves de corte ISA Label criadas sob semiconfinamento. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.1, p.231-238, 2011b.

PIRES, D. L. **Efeito da inoculação via esofágica de microbiot a intestinal sobre a hematologia, desenvolvimento e integridade intestinal de pintos de corte.** 2007 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal-SP, 2007.

PLUSKE, J.R. Morphological and functional changes in the small intestine of the newly weaned pig. In: PIVA, A.; KNUDSEN, K.E.B.; LINDBERG, J.E. **Gut environment of pigs.** Nottingham: University Press, 2001. p.1-27.

POPE, C. R. Pathology of lymphoid organs with emphasi on immunosupression. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 30, p. 31-44, 1991.

QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D. **A umidade relativa do ar e seus efeitos sob o conforto térmico de frangos de corte.** 2013. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/umidade-relativa-seus-efeitos-t1999/124-p0.htm>> Acesso em: 22/02/2016.

QURESHI, M. A.; HUSSAIN, I.; HEGGEN, C. L. Understanding Immunology in Disease Development and Control. **Poultry Science**, v. 77, p. 1126-1129, 1998.

REGINATTO, M.F.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ JUNIOR, A.M. Suplementação de treonina em dietas de frangos de corte, variando a energia e as relações energia:proteína. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.3, p.239-247, 2000.

REVIDATTI, F. A. et al. Modificaciones del peso corporal y indicadores de estrés em pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. **Revista Veterinaria da Argentina**, Corrientes, v. 12, n. 1, p. 11 a 14, 2002.

REZAEIPOUR, V.; FORONI, H.; IRANI, M. Effects of dietary L-threonine and *Saccharomyces cerevisiae* on performance, intestinal morphology and immune response of broiler chickens. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, n. 3, 2012.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.F. de; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L. de T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H.S.; PUPA, J.M.R.; PACK, M. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acid. **Journal Applied Poultry Research**, v.4, p.293-299, 1995.

RUTZ, F. Proteínas: Digestão e Absorção – In: **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 135-140.

SÁ, L.M.; GOMES, P.C.; CECON, P.R.; ROSTAGNO, H.S.; D'AGOSTINI, P. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1846-1853, 2007.

SABINO, H. F. N.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Níveis protéicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.5, p.407-412, maio 2004.

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

SADRZADEH, A.; HASSANPOUR, H.; MEHRAE-HAMZEKOLAEI, M. H.; FARHADNIYA, P.; EHSAN, M. R.; TOHIDI FAR, S. S. Effects of post-hatch nutrition of arginine, lysine, methionine and threonine on performance and intestinal morphology in broiler chickens. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v. 18, n 4, p 294-303, 2015.

SAMADI, F.; LIEBERT, F. Modeling of threonine requirement in fast-growing chickens, depending on age, sex, protein deposition, and dietary threonine efficiency. **Poultry Science**, v.85, n.11, p.1961-1968, 2006.

SCHAART, M. W.; SCHIERBEEK, H.; VAN DER SCHOOR, S. R. D.; STOLL, B.; BURRIN, D. G.; REEDS, P. G.; VAN GOUDOEVER, J. B. Threonine utilization is high in the intestine of piglets. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 765-770, 2005.

SCOTT, T. R. Our current understanding of humoral immunity of poultry. **Poultry Science**, v.83, p.574-579, 2004.

SILVA, E. L. et al. Redução dos Níveis de Proteína e Suplementação de Metionina e Lisina em Rações de Poedeiras Leves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 491-497, 2006.

SKLAN, D. Development of the digestive tract of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 57, p. 415– 428, 2001.

SKLAN, D.; PLAVINIC, I. Interaction between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. **British Poultry Science**, v.43, p.442-449, 2002.

SMIRNOV, A.; TAKO, E.; FERKET, P. R.; UNI, Z. Mucin gene expression and mucin content in the chicken intestinal goblet cells are affected by in ovo feeding of carbohydrates. **Poultry Science** v. 85, p. 669–673, 2006.

STILBORN, H.L.; MORAN, E.T.; GOUS, R.M.; Harrisonm, D. Effect of age on feather amino acid content in two broiler strain crosses and sexes. **Journal of Applied Poultry Research**. v. 6, p. 205–209, 1997.

SOARES, R. T. R. N.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; CABRAL, G. H.; CARVALHO, D. C. O. Exigência de Treonina para Pintos de Corte no Período de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.122-126, 1999.

SOARES, R.T.R.N.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P. C. Exigência de Treonina para Frangos de Corte no Período de 22 a 42 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.127-131, 1999.

STAR, L.; ROVERS, M.; CORRENT, E.; KLIS, J. D. Threonine requirement of broiler chickens during subclinical intestinal *Clostridium* infection. **Poultry Science** v. 91, p. 643–652, 2012.

STOLL, B. Intestinal uptake and metabolism of threonine: Nutritional impact. **Advances in Pork Production**, v. 17, p. 257–263, 2006.

SUIDA, D.I. Formulação por proteína ideal e conseqüências técnicas, econômicas e ambientais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL: PROTEÍNA IDEAL, ENERGIA LÍQUIDA E MODELAGEM, 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2001.

THAI P.; LOUKOIANOV A.; WACHI S. Regulation of airway mucin gene expression. **Annual Review of Physiology**.v. 70, p. 405–429, 2008.

TIBALDI, E.; TULLI, F. Dietary threonine requirement of juvenile european sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 175, p. 155-166, 1999.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 1-86.

TIZARD, I. R. **Imunologia Veterinária**, New York, v. 199, n. 1, p. 19-48, 2010.

TOLEDO, G. S.; LOPÉZ, L. ; COSTA, P.T.; SOUZA, H. Aplicação dos conceitos de proteína bruta e proteína ideal sobre o desempenho de frangos de corte machos e fêmeas criados no inverno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1927-1931, nov-dez, 2004.

TOLEDO, A. L.; TAEARA, P.; BITTECOURT, L. C.; KOBASHIGAWA, E.; ALBUQUERQUE, E.; TRINDADE NETO, M. A. Níveis dietéticos de lisina digestível para frangos de corte machos no período de 1 a 11 dias de idade: desempenho e composição corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.36, n.4, p.1090-1096, 2007 (supl.).

TSIRTSIKOS, P.; FEGEROS, K.; KOMINAKIS, A.; BALASKAS, C.; MOUNTZOURIS, K. C. Modulation of intestinal mucin composition and mucosal morphology by dietary phytogetic inclusion level in broilers. **Animal.**, v. 6, p. 1049–1057, 2012.

UMIGI, R. T. **Níveis de treonina em codornas japonesas em postura**. 2006. 46f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

UNI Z, SMIRNOV A AND D. SKLAN. Pre- and Posthatch Development of Goblet Cells in the Broiler Small Intestine: Effect of Delayed Access to Feed. **Poultry Science** v. 82, p. 320–327, 2003.

VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, mantendo ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sob condições de estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.372-382, 2003.

VASCONCELLOS, C. H. F; FONTES, D .O.; VIDAL, T. Z. B.; LARA, L. J. C.; RODRIGUES, P. B.; VASCONCELOS, R. J. C. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho e composição de carcaça de frangos de corte machos de 21 a 42 dias de idade. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1039-1048, jul./ago., 2010.

VELU, J.G.; BAKER, D.H.; SCOTT, H.M. Protein and energy utilization by chicks fed graded levels of a balanced mixture of crystalline amino acids. **Journal of Nutrition**, v.101, p.1249-1256, 1971.

YAMAUCHI K.; KAMISOYAMA H.; ISSHIKI Y. Effects of fasting and refeeding on structures of the intestinal villi and epithelial cells in White Leghorn hens. **British Poultry Science**, v. 37, p. 909–921, 1996.

YAMAUCHI, K. E.; ISSHIKI, Y. Scanning electron microscopic observations on the intestinal villi in growing white leghorn and broiler chickens from 1 to 30 days of age. **British Poultry Science**, v.32, p. 67 – 78. 1991.

ZAEFARIAN, F.; ZAGHARI, M.; SHIVAZAD, M. The threonine requirements and its effects on growth performance and gut morphology of broiler chicken fed different levels of protein. **International Journal of Poultry Science** v. 7, n. 12, p. 1207-1215, 2008.

ZAGHARI, M. ZAEFARIAN, F. SHIVAZAD, M. Standardized ileal digestible threonine requirements and its effects on performance and gut morphology of broiler chicks fed two levels of protein. **Journal Agricultural Science Technology**, v.13, p, 541-552, 2011.

WANG, X.; QIAO, S. Y.; LIU, M.; MA, Y. X. Effects of graded levels of true ileal digestible threonine on performance, serum parameters and immune function of 10–25 kg pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 129, n. 3-4, p. 264-278, 2006.