

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Zootecnia
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

Suplementação extra de arginina, triptofano e valina em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de cortes

Débora Minetti Sarturi

Pelotas, 2022

Débora Minetti Sarturi

Suplementação extra de arginina, triptofano e valina em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de cortes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier

Co-orientador: Dr. Everton Luis Krabbe

Co-orientadora: Prof. Dra. Débora Cristina Nichelle Lopes

Pelotas, 2022

Débora Minetti Sarturi

Suplementação extra de arginina, triptofano e valina em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de cortes

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 05 de maio de 2022

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier.
Ph.D. em *Animal Sciences* pela *University of Kentucky*

Prof. Ph.D. Fernando Rutz.
Ph.D. em *Animal Sciences* pela *University of Kentucky*

Prof. Dra. Fabiane Pereira Gentilini
Doutora em Fisiopatologia da Reprodução pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Aline Arassiana Piccini Roll.
Doutora em Nutrição Animal pela Universidade Federal de Pelotas

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S249s Sarturi, Débora Minetti

Suplementação extra de arginina, triptofano e valina em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de cortes / Débora Minetti Sarturi ; Eduardo Gonçalves Xavier, orientador ; Débora Cristina Nichelle Lopes, Everton Luis Krabbe, coorientadores. — Pelotas, 2022.

51 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Aminoácidos. 2. Avicultura. 3. Nutrição. 4. Proteína ideal. I. Xavier, Eduardo Gonçalves, orient. II. Lopes, Débora Cristina Nichelle, coorient. III. Krabbe, Everton Luis, coorient. IV. Título.

CDD : 636.5084

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Dedico este trabalho a minha mãe.
Pelo coração enorme que tens e pelo
apoio incondicional!

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao professor e orientador Ph.D. Eduardo Gonçalves Xavier e co-orientadora professora Dra. Débora Cristina Nichelle Lopes.

À banca examinadora Ph.D. Fernando Rutz, Dra. Aline Piccini Roll e Dra. Fabiane Pereira Gentilini.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária unidade Suínos e Aves, representada pelo seu Chefe Geral, Dr. Everton Luis Krabbe, por todo apoio e orientação.

Aos analistas Idair Pedro Piccinin e Vick Lilge Kawski por todo apoio e orientação durante a execução das atividades.

Às amigas construídas na Embrapa, em especial à Caroline Bordignon, Larissa Pereira e Gabrielly Bonatto por todo companheirismo.

Às amigas Analaura Pinheiro, Isadora Zavaglia, Luriane Leal, Manuella Fajardini e Victoria Dornelles por toda compreensão nessa caminhada.

À doutoranda Diciane Zeni Giehl por toda ajuda e companheirismo nas atividades desenvolvidas.

Aos meus pais Oscar Antonio Sarturi (*in memoriam*) e Maria Idalina Minetti Sarturi pelo apoio e incentivo.

Aos meus irmãos Marcio Minetti Sarturi e Simone Minetti Sarturi pelo apoio incondicional em todos os momentos.

A cada um, eu agradeço de coração toda a receptividade, paciência, auxílio e ombro amigo. Muito obrigada.

Resumo

Sarturi, Débora Minetti. **Suplementação extra de arginina, triptofano e valina em dietas para frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de cortes.** Orientador: Eduardo Gonçalves Xavier. 2022. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, 2022.

Os aminoácidos são unidades orgânicas básicas que fazem parte da composição das proteínas. São conhecidos 22 aminoácidos, sendo 10 deles considerados essenciais para as aves. Deste modo, com essa pesquisa objetivou-se avaliar o incremento do desempenho e de rendimentos de cortes de frangos através da utilização de maiores concentrações de arginina, triptofano e valina, além da avaliação econômica das dietas. Foram utilizados 900 pintinhos com um dia de vida, machos, da linhagem comercial Cobb 500, distribuídos em um delineamento em blocos completos casualizados com seis tratamentos e 10 repetições de 15 aves cada. Os tratamentos utilizados foram: T1- dieta para desempenho superior (controle positivo); T2- (T1 + 15% de arginina); T3- (T1 + 15% de triptofano); T4- (T1 + 15% de valina); T5- (T1 + 15% arginina + 15% triptofano + 15% valina); T6- dieta para desempenho regular (controle negativo). O período experimental foi de 42 dias, sendo os quatro primeiros dias de adaptação das aves às dietas e ao ambiente. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis peso médio inicial, peso médio final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar foram analisadas a cada 14 dias. As pesagens das aves e das dietas foram realizadas semanalmente. No final do 42º dia foi realizado o abate de 240 animais, sendo 40 aves por tratamento. Foram obtidos o peso vivo, peso da carcaça quente, peso da cabeça com pescoço, peso das asas, peso das coxas, peso das sobre coxas, peso do peito, peso do dorso e peso dos pés para análise de rendimento de cortes. Para análise de composição de carcaça foram escolhidos, ao acaso, 10 animais por tratamento. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas. Pela análise econômica das dietas observou-se um aumento significativo no custo de produção quando há inclusão dos aminoácidos. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que as dietas com incremento dos aminoácidos arginina, triptofano e valina, bem como a dieta controle positivo, não incrementaram as variáveis analisadas, tornando a dieta de desempenho regular (controle negativo) a mais viável, zootecnicamente e economicamente.

Palavras-chave: aminoácidos, avicultura, nutrição, proteína ideal.

Abstract

Sarturi, Débora Minetti. **Extra supplementation of arginine, tryptophan and valine for diets of broiler chicken on performance and cuts yield.** Advisor: Eduardo Gonçalves Xavier. 2022. 51 f. *Thesis (Master in Animal Science)* - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil, 2022.

Amino acids are basic organic units that are part of the proteins. A total of 22 amino acids are known, 10 of which are considered essential for birds. Thus, this research aimed to evaluate the increase in performance and yield of chicken cuts through the use of higher concentrations of arginine, tryptophan and valine, in addition to the economic evaluation of diets. A total of 900 (one-day-old) male chicks of Cobb 500 commercial lineage, were distributed in a randomized complete block design, with six treatments and 10 replications. The treatments were: T1- diet for superior performance (positive control); T2- (T1 + 15% arginine); T3- (T1 + 15% tryptophan); T4- (T1 + 15% valine); T5- (T1 + 15% arginine + 15% tryptophan + 15% valine); T6- diet for regular performance (negative control). The experimental period was 42 days, the first four days of adaptation of birds to diets and the environment. Tukey test at 5% probability was used for comparison of the treatment means. The variables average initial weight, average final weight, average daily weight gain, average daily feed intake and feed conversion were obtained every 14 days. The weighing of birds and diets were performed weekly. At the end of the 42nd day, 240 birds were slaughtered (40 birds per treatment). Live weight, warm carcass weight, head weight with neck, wings weight, thigh weight, drumstick weight, breast weight, back weight and foot weight were collected for cutting yield analysis. For carcass composition analysis, 10 animals were collected per treatment. No significant difference among the treatments were observed for any of the variables. The economic analysis of the diets showed a significant increase in the production cost when amino acids were included. Based on the results obtained, it can be concluded that diets with higher levels of the amino acids arginine, tryptophan and valine, and the positive control diet, did not show any improvement in the variables analyzed, making the regular performance diet (negative control) the most feasible, zootechnically and economically.

Keywords: amino acids, ideal protein, nutrition, poultry production.

Lista de Figuras

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Fotografia. Galpão experimental..... | 22 |
| Figura 2 | Fotografia. Pintinhos machos da linhagem Cobb 500 com um dia de vida..... | 22 |
| Figura 3 | Fotografia. Pesagem das aves. A – aves com 14 dias; B - aves com 21 dias; C – aves com 35 dias..... | 26 |
| Figura 4 | Fotografia. Carcaça coletada para análise laboratorial..... | 27 |
| Figura 5 | Fotografia. Processamento de amostras de carcaça. A – cortes grandes; B – primeira moagem; C – segunda moagem..... | 28 |
| Figura 6 | Fotografia. FoodScan® contendo a amostra na célula de análise..... | 29 |
| Figura 7 | Fotografia. Cortes. A – asas; B – coxas; C – sobrecoxas; D – peito; E – dorso; F – pé..... | 30 |

Lista de Tabelas

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Composição das dietas experimentais (%)..... | 24 |
| Tabela 2 | Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 1 a 14 dias..... | 33 |
| Tabela 3 | Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 14 a 28 dias..... | 34 |
| Tabela 4 | Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 28 a 42 dias..... | 36 |
| Tabela 5 | Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 1 a 42 dias..... | 37 |
| Tabela 6 | Composição da carcaça (%) aos 42 dias de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos..... | 38 |
| Tabela 7 | Rendimento de cortes (%) aos 42 dias de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos..... | 39 |
| Tabela 8 | Custo (R\$) das dietas com inclusão de aminoácidos para frangos de corte..... | 41 |

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 Introdução | 12 |
| 2 Revisão bibliográfica | 14 |
| 2.1 Avicultura..... | 14 |
| 2.1.1 Avicultura de corte..... | 15 |
| 2.2 Nutrição animal | 15 |
| 2.2.1 Nutrição de precisão..... | 16 |
| 2.2.2 Aminoácidos..... | 17 |
| 2.2.3 Proteína ideal..... | 17 |
| 2.2.3.1 Arginina..... | 18 |
| 2.2.3.2 Valina..... | 19 |
| 2.2.3.3 Triptofano..... | 19 |
| 3 Material e métodos | 21 |
| 3.1 Local de execução do experimento e manejo | 21 |
| 3.2 Animais..... | 22 |
| 3.3 Tratamentos e delineamento experimental | 23 |
| 3.4 Dietas | 23 |
| 3.5 Variáveis de desempenho analisadas..... | 25 |
| 3.5.1 Peso médio inicial e final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar..... | 25 |
| 3.5.2 Ganho de peso médio diário..... | 26 |
| 3.5.3 Consumo médio diário..... | 26 |
| 3.5.4 Conversão alimentar..... | 26 |
| 3.6 Abate..... | 26 |
| 3.7 Processamento das amostras da carcaça..... | 27 |
| 3.7.1 Composição da carcaça..... | 28 |
| 3.7.2 Rendimentos de cortes..... | 29 |
| 3.8 Análise estatística..... | 30 |
| 3.9 Análise de custos da dieta..... | 31 |
| 4 Resultados e discussão..... | 32 |
| 4.1 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 1 a 14 dias..... | 32 |

| | |
|--|----|
| 4.1.2 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 14 a 28 dias..... | 33 |
| 4.1.3 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 28 a 42 dias..... | 35 |
| 4.1.4 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 1 a 42 dias..... | 36 |
| 4.2 Composição da carcaça..... | 38 |
| 4.3 Rendimentos de cortes..... | 39 |
| 4.4 Análise econômica..... | 40 |
| 5 Conclusões..... | 43 |
| Referências..... | 44 |

1 Introdução

Segundo os dados mais recentes da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2021), o Brasil produziu, 13,845 milhões de toneladas de carne de frango em 2020, sendo assim o segundo maior produtor mundial, atrás somente dos Estados Unidos (18,600 milhões de toneladas). Com relação à exportação, o Brasil mantém o primeiro lugar no *ranking* mundial, exportando 4,231 milhões de toneladas em 2020, com cerca de 70% comercializado na forma de cortes. Ainda conforme a ABPA (2021), as projeções para o ano de 2022 são animadoras, esperando-se um aumento da produção de frangos de 8% em relação à 2020. O crescimento constante da produção de frangos de corte no Brasil está diretamente relacionado à oferta dessa proteína, com alto valor nutricional, bem como com as condições para essa produção.

No decorrer dos últimos anos, foram realizadas melhorias genéticas nas aves de produção, que resultaram em animais com maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, conseqüentemente com uma necessidade nutricional maior (GAYA; MOURÃO; FERRAZ, 2006). Os avanços na cadeia avícola passam pelo surgimento de novos conceitos, como a nutrição de precisão, o de proteína ideal, a divisão da alimentação por categorias e fases de vida e a suplementação das dietas (PESSÔA et al., 2012).

Segundo Zani (2011) a nutrição de precisão tem como definição ser exata, ou seja, precisamente balanceada, resultando em um máximo desempenho, um mínimo custo e uma exatidão nutricional. Para Penz Jr (2010) o conceito de nutrição de precisão busca extinguir o termo “margem de segurança” nas dietas animais.

O conceito de maior visibilidade é o de proteína ideal, que relaciona aminoácidos com base na lisina digestível. De acordo com Zani (2011) a proteína ideal

é caracterizada pela suplementação de aminoácidos industriais, com redução do nível de proteína da dieta, promovendo principalmente ganhos de desempenho.

Os inúmeros avanços tecnológicos permitem aos nutricionistas formularem dietas extremamente específicas visando espécie, sexo, categoria e fase de vida do animal, utilizando todos os novos conceitos da nutrição animal. Dessa forma, o presente estudo foi realizado com o objetivo de incrementar o desempenho e os rendimentos de cortes de frangos através da utilização de maiores concentrações de três aminoácidos essenciais: arginina, valina e triptofano, além da análise econômica das dietas.

Dessa forma, com o presente estudo objetivou-se avaliar o incremento do desempenho e de rendimento de cortes de frangos através da utilização de maiores concentrações de arginina, triptofano e valina, além da avaliação econômica das dietas.

2 Revisão bibliográfica

2.1 Avicultura

A avicultura é considerada uma atividade econômica internacionalizada e uniforme, sem fronteiras geográficas de tecnologia. Possui um amplo complexo industrial que depende de várias cadeias de produção, como melhoramento de linhagens e insumos, tecnologias de automatização do sistema produtivo, controle das condições sanitárias de criação, aperfeiçoamento de pessoal quanto ao manejo das aves, além do sistema de produção integrado (MAPA, 2012; OLIVEIRA & NÄÄS, (2012).

Seguindo a tendência mundial dos segmentos agroindustriais, a avicultura mundial (corte e postura) nos últimos anos está passando por inúmeras modificações no processo produtivo, visando o aumento da produtividade e o ganho financeiro dos produtores e das indústrias (BELUSSO & HESPANHOL, 2010). O processo de inovação tecnológica na avicultura de corte (genética, nutrição e ambiência) tem contribuído para uma melhora da eficiência produtiva e nutricional do setor.

Para a avicultura de postura, por sua vez, um dos principais desafios é a garantia da biossegurança. Com o passar dos anos e a garantia de um controle sanitário seguro o consumo de ovos no Brasil aumentou significativamente. Segundo a ABPA (2021) o brasileiro consumia 94 unidades em média em 2000, dez anos depois chegou a 148 unidades por pessoa, um aumento de 57% no consumo, sendo o mercado interno o maior responsável por esse aumento.

2.1.1 Avicultura de corte

A produção de frangos de corte no Brasil se firmou nos anos 1940. Desde então, apresenta um crescimento constante com um aumento significativo nas últimas décadas, fazendo o país ganhar um lugar de destaque entre os demais setores produtivos. O sucessivo crescimento da atividade avícola possibilitou ao Brasil assumir posição de destaque no *ranking* mundial, como o maior exportador e segundo maior produtor de carne de frango (ABPA,2021), posição esta que pode se modificar a cada ano.

As constantes inovações na genética, nutrição, sanidade e no processo produtivo, possibilitaram a obtenção de um produto final com mais peso e em menos tempo, com menor consumo, maior qualidade, menor custo e maior rentabilidade para produtores e indústria.

O Brasil produziu em 2020, segundo a ABPA (2021), 13,845 milhões de toneladas de carne de frango, mantendo o posto de segundo maior produtor do mundo e exportou 4,231 milhões de toneladas, com cerca de 70% na forma de cortes. Ainda conforme a ABPA (2021) as projeções para o ano de 2022 são positivas, sendo esperado um aumento da produção de frangos, podendo chegar até 14,9 milhões de toneladas. A estimativa, para o consumo per capita em 2022, é o aumento de 6% em relação à 2020, em que o consumo foi de 45,27 kg.

O crescimento constante da produção de frangos de corte no Brasil está diretamente relacionado à alta oferta dessa proteína com elevado valor nutricional, e com as condições favoráveis para essa produção.

2.2 Nutrição animal

Um dos principais pilares da produção de frangos de corte no Brasil é a nutrição, sendo ela responsável por cerca de 70 a 80% do custo da produção. Diante desse panorama, o desafio dos pesquisadores é otimizar o custo dessa cadeia para se tornar mais atrativa e viável para os produtores.

A principal fonte nutritiva para o desenvolvimento embrionário e para as primeiras horas de vida do pintinho é o saco vitelino. Ele é responsável pelo transporte de nutrientes para a ave e representa em média 10% do seu peso (Romanoff, 1960).

Sua absorção começa imediatamente após a eclosão e pode durar de 2 a 3 dias (YADGARY et al., 2011). Para Vieira e Pophal (2000), quanto mais rápida for a absorção do saco vitelino, menor o tempo da transição nutricional da ave para a dieta ofertada.

A partir da introdução da dieta, toda e qualquer deficiência nutricional nela encontrada pode causar perdas produtivas e econômicas (FUNDAÇÃO, 2012). Uma dieta ou alimento pode ser considerado nutricionalmente completo, quando ajuda na redução do estresse animal, minimiza deficiências nutricionais, aumenta e melhora a imunologia e produz uma proteína animal de qualidade, com bom desempenho e maior lucro (BUTOLO, 1998).

As formulações de dietas para aves, durante muitos anos, foram embasadas no conceito de proteína bruta, do qual originaram-se dietas deficientes ou com excessos de aminoácidos, tornando-se um alto custo para a produção. Com a evolução nutricional e técnica que a cadeia produtiva avícola alcançou, juntamente com a produção industrial de aminoácidos, as dietas passaram a ser formuladas utilizando-se o conceito de proteína ideal, conforme abordado no item específico a seguir.

2.2.1 Nutrição de precisão

A nutrição de precisão é aquela considerada como exata, ou seja, balanceada com o máximo de precisão, levando ao desempenho maximizado, custo mínimo e exatidão nutricional.

Segundo Pomar et al. (2010), existem quatro elementos básicos para a nutrição de precisão: a avaliação precisa do potencial nutritivo dos ingredientes utilizados; a determinação exata das necessidades nutricionais dos animais; a formulação de dietas equilibradas com limite de nutrientes em excesso; e o ajuste da fonte alimentar com a concentração de nutrientes para coincidir com as necessidades de sexo e fase dos animais.

A nutrição de precisão tem influência direta no custo mínimo da dieta, na otimização dos níveis nutricionais, no estresse térmico e, principalmente, permite maiores índices de produtividade, melhor desempenho, eficiência, e menores perdas, considerando que o animal receberá nutrientes e energia em quantidades exatas

(ZANI, 2011). Esse conceito, portanto, busca alcançar a exclusão do termo “margem de segurança” na elaboração das dietas (PENZ Jr, 2010).

2.2.2 Aminoácidos

Os aminoácidos são unidades orgânicas básicas que fazem parte da composição das proteínas. São conhecidos 22 aminoácidos, sendo 10 deles considerados essenciais para aves (CECCANTINI & YURI, 2008). São eles: arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina. Assim, as aves precisam ingerí-los para que suas necessidades nutricionais sejam supridas, pois estes não são produzidos pelo organismo, devendo ser fornecidos em quantidades suficientes na dieta para manutenção e produção (BELLAVAR, 2016).

Conforme Bertechini (2004), pode existir um ou mais aminoácidos limitantes na dieta ao mesmo tempo, mas sempre seguindo uma ordem de limitação. No caso das aves, os aminoácidos limitantes são, pela ordem, metionina, lisina e treonina. A ordem de classificação dos aminoácidos essenciais limitantes é influenciada pela composição dos ingredientes das dietas e pelas necessidades nutricionais utilizadas para a sua formulação (SÁ et al., 2019).

Mesmo sendo o segundo aminoácido limitante, a lisina é utilizada como referência na formulação de dietas, principalmente pela facilidade de análise em comparação aos outros aminoácidos e, conseqüentemente, a grande quantidade de dados coletados. Também devido ao seu uso predominantemente para a síntese proteica, além de não haver nenhuma via de síntese endógena (BAKER et al., 1994)

2.2.3 Proteína ideal

A constante busca pela chamada “Zootecnia de Precisão”, ocasionou o surgimento do conceito de proteína ideal, que pode ser definido como o balanceamento exato de aminoácidos.

O seu objetivo é atender as exigências absolutas de todos os aminoácidos para manutenção corporal e máximo desempenho, reduzindo o uso dos mesmos como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio (CAMPOS et al., 2012).

Segundo Araujo et al. (2001) o conceito de proteína ideal foi primeiramente descrito por Mitchell (1964) como sendo uma mistura de aminoácidos ou proteína que atende as exigências dos animais para os processos de manutenção e crescimento.

Já de acordo com Parsons & Baker (1994), a proteína ideal é uma mistura de aminoácidos ou proteínas com total disponibilidade de digestão e metabolismo, com o objetivo de fornecer sem excesso e deficiência os aminoácidos necessários para manutenção e produção animal. Por sua vez, para Emmert & Baker (1997), a proteína ideal pode ser definida como o balanceamento exato de aminoácidos, também sem excessos e sobras, com o objetivo de alcançar os requisitos absolutos de todos os aminoácidos para manutenção e ganho de proteína corporal, reduzindo o uso de aminoácidos como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio.

O conceito de proteína ideal estabelece uma relação de dependência dos aminoácidos com a lisina, sendo este o aminoácido referência, ou seja, se a exigência de lisina for alterada, a exigência dos demais aminoácidos também será alterada na mesma proporção (BAKER & HAN, 1994; COSTA et al. 2001; LEMME, 2003).

2.2.3.1 Arginina

Nas últimas décadas, vários estudos foram realizados para determinar o real nível de exigência da arginina nas dietas de frangos de corte.

A arginina tem uma característica anfipática e possui um papel importante na divisão celular, na remoção de nitrogênio e na produção de hormônios (CAMPOS et al., 2012). Além disso, está diretamente envolvida na imunidade e cicatrização das aves, participa de forma direta na síntese de proteína e, de forma indireta, como gatilho para expressão de mTOR, uma proteína com papel no crescimento, proliferação e manutenção das células (YUAN et al., 2015).

As aves têm uma alta exigência de arginina, principalmente pela falta de síntese endógena e a alta taxa de deposição protéica (BALL et al., 2007). Nesse sentido, Rostagno et al. (2017) recomendam valores de arginina digestível para frangos de corte machos de desempenho superior, de 1,430; 1,397; 1,321; e 1,142%, para 1 a 7 dias, 8 a 21 dias, 22 a 33 dias e 34 a 42 dias, respectivamente.

Por sua vez, Mendes et al. (1997) verificaram que o aumento da relação arginina/lisina ocasionou melhora na conversão alimentar, da mesma forma que diminuiu a gordura abdominal dos frangos de corte sob diferentes temperaturas de criação (quente, neutro e frio).

2.2.3.2 Valina

A valina possui estrutura e função semelhante à isoleucina e é um aminoácido alifático, que se encontra principalmente no interior das proteínas (FERREIRA, 2011). Em dietas a base de milho e farelo de soja, sua concentração é baixa. Assim, torna-se o quarto aminoácido limitante para aves (DUARTE, 2009).

Dietas deficientes em valina para aves não só reduzem o ganho de peso e pioram a conversão alimentar, como também determinam anormalidades das pernas e empenamento (FARRAN & THOMAS, 1992). As fontes mais importantes de valina são a farinha de soja, pescados e carnes. Segundo Leclercq (1998), frangos de corte alimentados com dietas deficientes em valina tiveram redução no desempenho produtivo.

Corzo et al. (2004) realizaram estudo com frangos de corte machos, dos 42 aos 56 dias de idade, e concluíram que as aves apresentam melhor desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne com níveis de 0,67% de valina digestível na dieta. E, segundo Rostagno et. al (2017), as recomendações de valina digestível para frangos de corte machos de desempenho superior é de 1,029; 1,006; 0,951; 0,822% para 1 a 7 dias, 8 a 21 dias, 22 a 33 dias e 34 a 42 dias, respectivamente.

2.2.3.3 Triptofano

O triptofano é um aminoácido aromático, glicogênico e cetogênico. Ele é importante para o crescimento normal, a síntese protéica e a regulação de mecanismos fisiológicos, e sua deficiência pode causar redução no consumo da dieta. (LE FLOC'H et al., (2011). Segundo os mesmos autores, o triptofano merece especial atenção pois é encontrado em menores proporções nas proteínas e no plasma.

O triptofano é um aminoácido de difícil mensuração quando comparado aos demais comumente utilizados nas dietas e, em parte, esta situação leva a uma certa

incostância nos resultados de pesquisa. Este aminoácido é mais considerado quando se utilizam dietas com consideráveis quantidades de farinha de carne ou de subprodutos avícolas (KIDD & HACKENHAAR, 2006). Segundo os mesmos autores, a deficiência de triptofano prejudica a qualidade da carcaça por participar da síntese de proteína corporal e de serotonina.

Para frangos de corte, os efeitos benéficos da suplementação do triptofano na dieta foram observados no desempenho, com aumento do consumo, ganho de peso e melhora da conversão alimentar quando as aves foram submetidas a condições adversas de criação (SHAN et al., 2003; CORZO et al., 2005). Nesse sentido, a recomendação ideal de triptofano na dieta de frangos de corte machos de desempenho superior, conforme sugerido por Rostagno et al. (2017), é de 0,241; 0,235; 0,222 e 0,192%, respectivamente, para 1 a 7 dias, 8 a 21 dias, 22 a 33 dias e 34 a 42 dias.

3 Material e métodos

3.1 Local de execução do experimento e manejo

A parte de campo do estudo foi executada em aviário particular nos meses de outubro e novembro de 2021, em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Unidade Suínos e Aves. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) daquela instituição de pesquisa, sob o número 36970.

O aviário ficava localizado na comunidade Linha Forquilha, no município de Seara – Santa Catarina. O galpão (Figura 1) media 21 m de comprimento por 6 m de largura e continha 60 boxes (1,25 m de comprimento x 0,82 m de largura), além de três boxes para descarte. Os boxes continham 10 cm de cama de maravalha de pinus e eram equipados com um comedouro tubular semiautomático e três bebedouros automáticos do tipo *nipple*. Ração e água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o experimento.

O aquecimento do galpão era realizado através de campânulas a gás. Aos 14 dias foi instalado um exaustor com placa evaporativa, que consistia em placas de celulose, umedecidas por gotejamento ou aspersão, montadas em formato de colmeias. Usados em associação com ventilação negativa, em modo túnel, forçavam a passagem do ar entre os painéis, sendo assim, umidificado e resfriado.

O ajuste de temperatura, umidade e iluminação foi realizado de acordo com as recomendações do manual de manejo da linhagem Cobb 500.



Figura 1 – Fotografia. Galpão experimental.
Fonte: Acervo pessoal.

3.2 Animais

Foram alojados 900 pintinhos com um dia de idade (Figura 2), machos, da linhagem comercial Cobb 500.



Figura 2 – Fotografia. Pintinhos machos da linhagem Cobb 500 com um dia de vida.
Fonte: Acervo pessoal.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Foram utilizados seis tratamentos, em um delineamento em blocos completos casualizados. Foram utilizados 60 boxes com 15 aves cada um, sendo que cada box correspondeu a uma unidade experimental.

A escolha dos níveis de inclusão dos aminoácidos arginina, triptofano e valina foi 15% acima do estabelecido por Rostagno et al. (2017) para machos com desempenho superior, a fim de buscar oferecer uma margem maior para o desempenho das aves.

Os tratamentos foram: T1: dieta para desempenho superior (controle positivo); T2: T1 + 15% arginina; T3: T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; e T6: dieta padrão para desempenho regular (controle negativo).

3.4 Dietas

As dietas foram formuladas a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno et al. (2017), visando desempenho regular ou superior de machos, e são apresentadas na Tabela 1.

A composição das dietas não foi alterada conforme a fase de crescimento. As dietas foram ofertadas a partir do 4º dia de alojamento, visando a uniformização das aves e adaptação às dietas e ao ambiente. Anteriormente, todas as aves receberam a dieta T1.

As dietas foram ofertadas trituradas nos primeiros 14 dias de alojamento e posteriormente peletizadas.

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Sódio | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| Cloro | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,37 |
| Potássio | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,88 |
| Ácido linoleico | 3,94 | 3,93 | 3,93 | 3,98 | 3,97 | 3,80 |
| Lisina digestível | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,36 | 1,30 |
| Metionina digestível | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,67 |
| Metionina+Cistina digestível | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,97 |
| Triptofano digestível | 0,27 | 0,27 | 0,32 | 0,30 | 0,32 | 0,26 |
| Treonina digestível | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,86 |
| Valina digestível | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,19 | 1,19 | 1,00 |
| Arginina digestível | 1,45 | 1,65 | 1,45 | 1,45 | 1,65 | 1,40 |
| Leucina digestível | 1,74 | 1,74 | 1,74 | 1,74 | 1,74 | 1,70 |
| Isoleucina digestível | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,87 |
| Histidina digestível | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,53 |

¹Níveis de garantia por kg do produto: Mn: 160g; Fe: 100g; Cu: 20g; Co: 2g; Vit A: 10.000.000 UI; Vit. B₆: 4.0 g; Vit D₃: 2.000.000 UI; Vit. E: 30.000; Vit. B₁₂: 0,015 g; Ácido pantotênico: 12 g; Biotina: 0,10 g; Vit. K₃: 3 g; Ácido fólico: 1g; Ácido nicotínico: 50g; Se: 0,25 g. EMAn: energia metabolizável corrigida para nitrogênio. ¹Tecnoavi (premix mineral-vitamínico). ²Mastersorb[®]; ³Coban[®]; ⁴Enramax[®] (Enramicina 8%).

3.5 Variáveis de desempenho analisadas

As variáveis de desempenho zootécnico analisadas foram: peso médio inicial e final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar.

3.5.1 Peso médio inicial e final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar

Os animais foram pesados por box no 1°, 7°, 14°, 21°, 28°, 35° e 42° dia de vida (Figura 3), onde o peso médio do lote foi determinado através da equação:

$$P_{\text{médio}} = \text{peso total/número de animais.}$$



Figura 3 – Fotografia. Pesagem das aves. (A) aves com 14 dias; (B) aves com 21 dias; (C) aves com 35 dias.

Fonte: Acervo pessoal.

3.5.2 Ganho de peso médio diário

O ganho de peso médio diário (GDM) foi obtido através da equação:

$$\text{GDM} = (\text{peso atual} - \text{peso anterior}) / \text{número de dias entre pesagens.}$$

3.5.3 Consumo médio diário

O consumo médio diário (CMD) foi calculado conforme a equação:

$$\text{CMD} = \text{ração consumida no período} / \text{número de dias.}$$

3.5.4 Conversão alimentar

A conversão alimentar (CA) foi calculada através da equação:

$$\text{CA} = \text{consumo de ração médio diário} / \text{ganho de peso médio diário.}$$

3.6 Abate

O abate das aves foi realizado aos 42 dias de idade em frigorífico particular com licenciamento municipal, localizado na comunidade Linha Forquilha, no município de Seara – Santa Catarina.

Foram abatidas 40 aves por tratamento (quatro aves/box), conforme peso médio do lote, resultando em um total de 240 frangos. As aves foram eutanasiadas conforme praticas de bem-estar.

Durante o abate, foram coletados os seguintes dados: peso vivo antes do abate, peso da carcaça quente, peso da cabeça com pescoço, peso das asas, peso das coxas, peso das sobre coxas, peso do peito, peso do dorso e peso dos pés. Após a pesagem dos cortes foram escolhidas, aleatoriamente, 10 aves por tratamento, para análise de carcaça no laboratório (Figura 4).



Figura 4 – Fotografia. Carcaça coletada para análise laboratorial.
Fonte: Acervo pessoal.

3.7 Processamento das amostras da carcaça

O processamento das amostras foi realizado no Laboratório de Carnes do Laboratório de Análises Físico-Químicas (LAFQ) da EMBRAPA Suínos e Aves, localizada no Distrito de Tamanduá, em Concórdia, Oeste de Santa Catarina.

As amostras de carcaça ainda congeladas foram cortadas em pedaços menores (Figura 5), com uma serra fita, para processamento em moinho homogeneizador (modelo Inox SM-22, da marca CAF). Cada amostra passou primeiro

em uma peneira de 5 mm e, posteriormente, em uma peneira de 3 mm. No final da moagem e homogeneização, as amostras atingiram uma temperatura entre 5 e 10 °C e foram analisadas no aparelho FoodScan®.

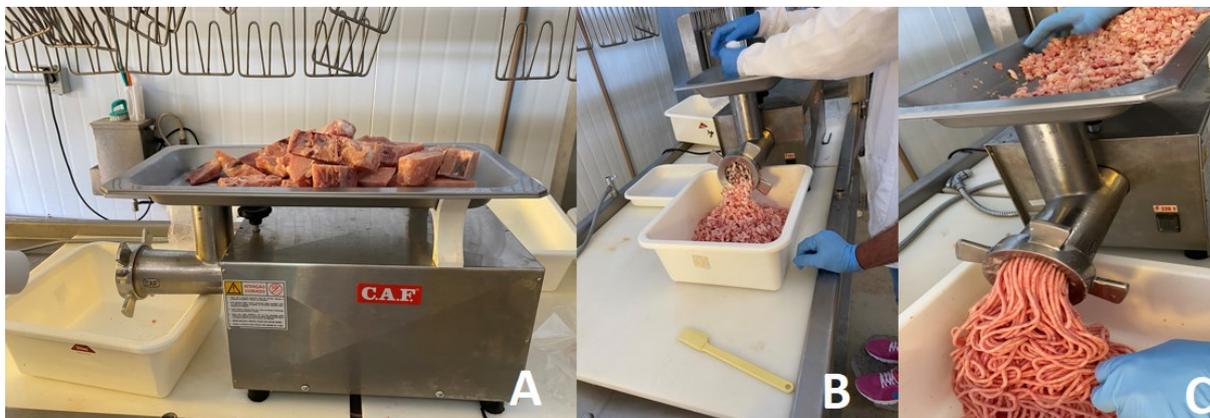


Figura 5 – Fotografia. Processamento de amostra de carcaça. A - Cortes grandes; B primeira moagem; C - segunda moagem
Fonte: Arquivo pessoal.

3.7.1 Composição da carcaça

As amostras de carcaça moídas foram acondicionadas em células de vidro para análise no equipamento de Espectroscopia de Transmitância de Infravermelho Próximo (NIT) - FoodScan® (Figura 6).

O equipamento é calibrado para leitura de 16 pontos na amostra através de uma técnica de utilização de luz geradora de comprimento, através da qual se obtém uma leitura completa, referente a diversos componentes químicos do material (VAN KEMPEN, 2001).

Os resultados do espectrofotômetro são avaliados com base na correlação (R^2) entre os valores de referência e os valores preditos pela calibração, bem como pelas equações de validação e pelos erros padrões obtidos (KRÁLOVÁ et al., 2015). Através dessa análise foram obtidos níveis de proteína, umidade, gordura e colágeno das amostras.

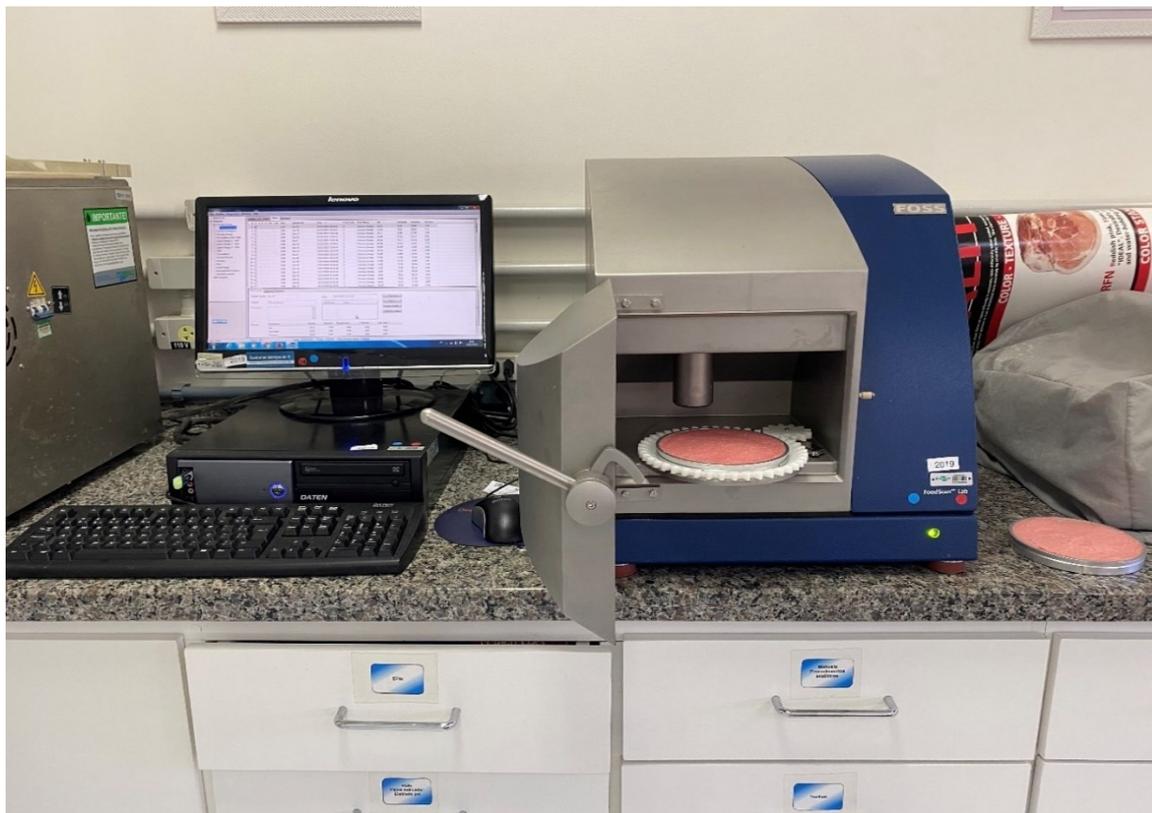


Figura 6 - Fotografia. FoodScan® contendo a amostra na célula de análise.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.7.2 Rendimentos de cortes

Durante o abate, foram escolhidas aleatoriamente 40 aves por tratamento para pesagem e determinação do rendimento dos seguintes cortes: asas, coxas, sobre coxas, peito, dorso e pé (Figura 7).

O rendimento (REN) foi calculado através da equação:

$$\text{REN} = \text{peso do corte} / (\text{peso da carcaça sem pescoço e sem cabeça}) \times 100\%.$$

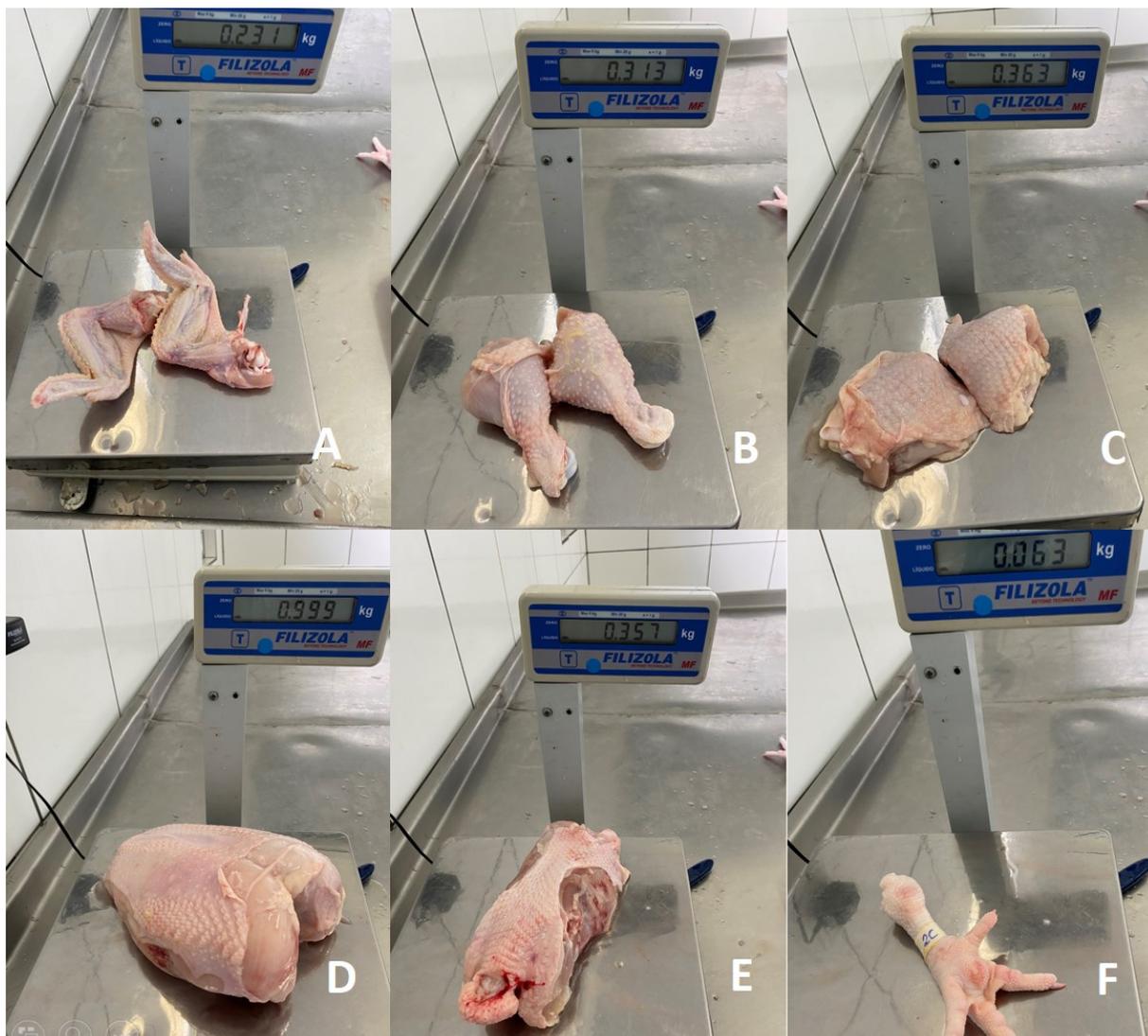


Figura 7 – Fotografia. Cortes: A- asas; B - coxas; C – sobre coxas; D - peito; E - dorso; e F - pé.
Fonte: Acervo pessoal.

3.8 Análise estatística

Para a realização da análise estatística foi utilizado o *Software* Statistix 10.0. As variáveis foram submetidas a teste de normalidade Shapiro Wilk e também submetidos a teste de *outliers* através da ferramenta Box and Whisker Plots, seguido de análise de variância a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.9 Análise de custo das dietas

Foi realizada análise econômica das dietas experimentais, a fim de avaliar-se a redução ou o aumento dos custos, a partir do desempenho das aves e sua viabilidade para a cadeia produtiva.

Os valores dos aminoácidos sintéticos e demais ingredientes foram disponibilizados pela EMBRAPA Suínos e Aves, da cidade de Concórdia/SC, durante o mês de outubro de 2021.

4 Resultados e discussão

4.1. Desempenho zootécnico de frangos de corte de 1 a 14 dias

A homogeneidade entre os pesos iniciais das aves no início do experimento é fundamental para isolar as variações entre as unidades experimentais e evitar tendências entre os tratamentos e as variáveis analisadas. Conforme pode ser verificado na Tabela 2, não houve diferença no peso inicial das aves nos diferentes tratamentos.

De modo semelhante, não houve diferença significativa ($P>0,05$) em relação ao ganho de peso médio diário e o consumo médio diário durante o período de 1 a 14 dias para nenhum dos tratamentos utilizados.

No presente estudo, a conversão alimentar apresentada no período de 1 a 14 dias foi de acordo com o manual da linhagem Cobb 500 e, a exemplo dos demais dados de desempenho, não apresentou diferença entre os tratamentos.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 1 a 14 dias.

| Tratamentos | PI (g) | PF (g) | GPMD (g/dia) | CMD (g/dia) | C.A. |
|--------------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| T1 | 49,30 | 551,25 | 35,48 | 41,40 | 1,14 |
| T2 | 49,58 | 547,86 | 35,78 | 40,86 | 1,14 |
| T3 | 49,26 | 545,74 | 35,37 | 40,22 | 1,14 |
| T4 | 48,82 | 542,73 | 35,93 | 40,43 | 1,15 |
| T5 | 49,14 | 546,19 | 35,72 | 40,89 | 1,15 |
| T6 | 49,19 | 550,93 | 35,60 | 40,76 | 1,15 |
| Prob. | - | - | 0,8916 | 0,6654 | 0,6172 |
| C.V. (%) | - | - | 3,65 | 3,08 | 2,11 |
| EPM | - | - | 2,54 | 2,32 | 0,0036 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 – Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular; PI (g): peso inicial, em g; PF (g): peso final, em g; GPMD (g/dia): ganho de peso médio diário, em g/dia; CMD (g/dia): consumo médio diário, em g/dia; C.A.: conversão alimentar; Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

4.1.2 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 14 a 28 dias

Os valores de peso inicial, peso final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar para frangos de 14 a 28 dias de idade está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 14 a 28 dias.

| Tratamento | PI (g) | PF (g) | GPMD (g/dia) | CMD (g/dia) | C.A. |
|-------------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| T1 | 551,25 | 1,674 | 79,32 | 120,93 | 1,52 |
| T2 | 547,86 | 1,641 | 77,13 | 119,38 | 1,54 |
| T3 | 545,74 | 1,670 | 80,85 | 121,62 | 1,52 |
| T4 | 542,73 | 1,662 | 80,75 | 122,90 | 1,52 |
| T5 | 546,19 | 1,638 | 79,27 | 120,58 | 1,53 |
| T6 | 550,93 | 1,639 | 77,25 | 122,52 | 1,56 |
| Prob. | - | - | 0,7534 | 0,5048 | 0,6463 |
| C.V. (%) | - | - | 3,57 | 2,48 | 2,37 |
| EPM | - | - | 5,67 | 4,49 | 0,0043 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 – Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular; PI (g): peso inicial, em g; PF (g): peso final, em g; GPMD (g/dia): ganho de peso médio diário, em g/dia; CMD (g/dia): consumo médio diário, em g/dia; C.A.: conversão alimentar; Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

Conforme pode ser verificado, na fase de 14 a 28 dias as variáveis não se comportaram de forma diferente do período de 1 a 14 dias.

Para Corzo et al. (2008), a exigência de valina digestível de 0,86% para o período acarreta uma diferença significativa no ganho de peso e conversão alimentar. Entretanto, no presente estudo utilizou-se níveis de 1,00 (controle negativo) a 1,19% e nenhuma diferença significativa foi observada entre as variáveis de desempenho avaliadas.

Já Koelkebeck et al. (1991) verificaram que o excesso de triptofano afetou negativamente o ganho de peso dos machos e a conversão alimentar das fêmeas, o que difere dos resultados encontrados no presente estudo, em que não foram observadas diferenças entre as variáveis medidas, testando-se níveis de 0,26 a 0,32% do aminoácido.

Semelhantemente, não se observou efeito dos níveis testados de arginina sobre qualquer característica avaliada, sugerindo que o nível de 1,40% de arginina digestível (1,50% de arginina total), correspondente à dieta controle negativo, atende às exigências de desempenho.

4.1.3 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 28 a 42 dias

Os valores de peso inicial, peso final, ganho de peso médio diário, consumo médio diário e conversão alimentar dos frangos no período de 28 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 28 a 42 dias.

| Tratamento | PI (g) | PF (g) | GPMD (g/dia) | CMD (g/dia) | C.A. |
|-------------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| T1 | 1,674 | 2,941 | 89,96 | 178,88 | 2,01 |
| T2 | 1,641 | 2,938 | 93,39 | 183,62 | 2,02 |
| T3 | 1,670 | 2,940 | 91,18 | 183,30 | 1,98 |
| T4 | 1,662 | 2,941 | 87,56 | 179,20 | 2,02 |
| T5 | 1,638 | 2,907 | 91,21 | 185,84 | 2,00 |
| T6 | 1,639 | 2,942 | 96,64 | 186,18 | 1,91 |
| Prob. | - | - | 0,4181 | 0,5060 | 0,2956 |
| C.V. (%) | - | - | 3,48 | 1,93 | 2,86 |
| EPM | - | - | 7,43 | 6,15 | 0,0055 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 – Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular; PI (g): peso inicial, em g; PF (g): peso final, em g; GPMD (g/dia): ganho de peso médio diário, em g/dia; CMD (g/dia): consumo médio diário, em g/dia; C.A.: conversão alimentar; Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

Não foi encontrado nenhuma diferença significativa entre os dados no período de 28 á 42 dias entre os tratamentos.

4.1.4 Desempenho zootécnico de frangos de corte de 1 a 42 dias

O peso inicial, o peso final, o ganho de peso médio diário, o consumo médio diário e a conversão alimentar no período de 1 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos no período de 1 a 42 dias.

| Tratamentos | PI (g) | PF (g) | GPMD (g/dia) | CMD (g/dia) | C.A. |
|--------------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------|-------------|
| T1 | 49,30 | 2,941 | 69,25 | 114,61 | 1,66 |
| T2 | 49,58 | 2,938 | 68,48 | 115,27 | 1,68 |
| T3 | 49,26 | 2,940 | 69,07 | 115,48 | 1,66 |
| T4 | 48,82 | 2,941 | 68,77 | 114,20 | 1,68 |
| T5 | 49,14 | 2,907 | 67,59 | 115,32 | 1,67 |
| T6 | 49,19 | 2,942 | 70,13 | 116,61 | 1,67 |
| Prob. | - | - | 0,2363 | 0,4657 | 0,9855 |
| C.V. (%) | - | - | 3,28 | 2,64 | 2,65 |
| EPM | - | - | 13,80 | 17,93 | 0,0054 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 – Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular; PI (g): peso inicial, em g; PF (g): peso final, em g; GPMD (g/dia): ganho de peso médio diário, em g/dia; CMD (g/dia): consumo médio diário, em g/dia; C.A.: conversão alimentar; Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

Como era esperado, no período total do experimento, de 1 a 42 dias, a exemplo do que ocorreu nos períodos intermediários, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Todas as variáveis analisadas ficaram dentro do recomendado pelo manual da linhagem (COBB, 2018).

Siqueira (2009) palavrando a teoria de consumo e crescimento proposta por Emmans (1995), afirmou que na medida em que um aminoácido limitante é reduzido, frangos de corte e galinhas poedeiras apresentam tendência a aumentar o consumo de ração na tentativa de suprir essa deficiência, tendo assim, como consequência, o desempenho afetado negativamente. Estas afirmações diferem dos resultados observados no presente estudo, onde não é encontrada diferença significativa entre os tratamentos com níveis diferentes de aminoácidos.

Os níveis de aminoácidos utilizados neste experimento estiveram de acordo com o recomendado por Rostagno et al. (2017), incluindo o tratamento controle negativo (dieta com os níveis de nutrientes recomendados para aves de desempenho regular), e acima, que envolveu tanto o tratamento controle positivo (dieta com os níveis de nutrientes recomendados para aves de desempenho superior), quanto os demais tratamentos, que utilizaram como base a dieta controle positivo, com a inclusão de maiores níveis dos aminoácidos estudados (arginina, triptofano e valina).

4.2. Composição da carcaça

A Tabela 6 apresenta a composição da carcaça dos frangos, avaliada através dos valores de umidade, proteína, gordura e colágeno aos 42 dias de idade.

Conforme pode ser verificado, não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), mostrando que a exemplo do que aconteceu com relação ao desempenho, não há diferenças na composição química da carcaça independentemente do aumento ou não dos níveis dos aminoácidos analisados.

Tabela 6. Composição da carcaça (%) aos 42 dias de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos.

| Tratamentos | Umidade | Proteína | Gordura | Colágeno |
|--------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| T1 | 73,01 | 18,30 | 7,70 | 14,61 |
| T2 | 73,56 | 18,56 | 7,16 | 14,53 |
| T3 | 72,93 | 18,35 | 6,85 | 14,64 |
| T4 | 73,67 | 18,41 | 6,80 | 14,58 |
| T5 | 73,32 | 18,13 | 7,29 | 14,55 |
| T6 | 72,95 | 18,06 | 8,09 | 14,62 |
| Prob | 0,4727 | 0,3399 | 0,1286 | 0,6054 |
| C.V. (%) | 1,41 | 2,93 | 15,43 | 1,08 |
| EPM | 0,13 | 0,07 | 0,15 | 0,02 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 –

Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular. Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

4.3. Rendimento de cortes

Os dados referentes às médias de rendimento de carcaça, asas, peito, coxas, sobre coxas, dorso e patas estão apresentados na tabela 7.

Conforme pode ser verificado, do mesmo modo que verificado para a composição da carcaça, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Tabela 7. Rendimento de cortes (%) aos 42 dias de frangos de corte Cobb, machos, submetidos a dietas com diferentes níveis e suplementação de aminoácidos.

| Tratamentos | Rend Carcaça | Rend Asa | Rend Peito | Rend Coxa | Rend SobreCoxa | Rend Dorso | Rend Patas |
|-----------------|--------------|----------|------------|-----------|----------------|------------|------------|
| T1 | 86,74 | 9,43 | 36,78 | 12,54 | 13,93 | 13,86 | 2,47 |
| T2 | 86,52 | 9,43 | 36,97 | 12,55 | 13,69 | 14,15 | 2,48 |
| T3 | 86,23 | 9,57 | 36,54 | 12,38 | 13,86 | 14,24 | 2,47 |
| T4 | 86,204 | 9,45 | 36,48 | 12,58 | 13,86 | 14,25 | 2,50 |
| T5 | 86,80 | 9,35 | 36,66 | 12,72 | 14,17 | 14,10 | 2,43 |
| T6 | 87,24 | 9,34 | 36,75 | 12,45 | 13,77 | 14,17 | 2,44 |
| Prob. | 0,0995 | 0,5501 | 0,8042 | 0,6212 | 0,0828 | 0,4129 | 0,6925 |
| C.V. (%) | 2,03 | 6,05 | 4,48 | 6,70 | 5,25 | 6,27 | 8,08 |
| EPM | 0,12 | 0,04 | 0,11 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,01 |

Tratamentos: T1 – Controle positivo: dieta para desempenho superior; T2 – T1 + 15% arginina; T3 – T1 + 15% triptofano; T4: T1+ 15% valina; T5: T1 + 15% arginina + 15% de triptofano + 15% valina; T6 – Controle negativo: dieta padrão para desempenho regular. Rend.: rendimento. Prob.: probabilidade ($P <$); C.V. (%): coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média.

Para Almeida et al. (2009), as informações conhecidas sobre rendimentos de cortes apresentam muita variação entre diferentes estudos na literatura, o que pode ser resultado dos diversos padrões de cortes empregados.

Nesse sentido, Garcia et al. (2005) observaram que machos apresentam elevado rendimento de coxas e sobre coxas, em relação às fêmeas.

Analisando a utilização de aminoácidos nas dietas, Berres et al. (2011) observaram que altos níveis de valina não afetam significativamente a carcaça e os cortes comerciais de frango. No seu estudo, os rendimentos de asas, peito, coxas, sobre coxas, dorso e patas não apresentaram diferença significativa para os fatores analisados. Com relação aos tratamentos, os autores afirmam que independentemente da porcentagem de aminoácido utilizado na dieta o rendimento dos cortes é semelhante. Tal fato foi também observado no presente estudo, onde mesmo utilizando-se níveis 15% acima do recomendado dos aminoácidos arginina, triptofano e valina, não foi verificada diferença nos diferentes cortes.

4.4. Análise econômica das dietas

O valor dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais e a inclusão dos custos (por quilo e em porcentagem) dos aminoácidos utilizados estão descritos na Tabela 8.

Tabela 8. Custo (R\$) das dietas com inclusão de aminoácidos para frangos de corte.

| Ingredientes | Preço (kg) ⁵ | T1 (kg) | T2 (kg) | T3 (kg) | T4 (kg) | T5 (kg) | T6 (kg) |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Milho | 1,59 | 345,950 | 345,792 | 340,231 | 341,883 | 335,256 | 365,694 |
| Farelo de soja | 2,37 | 294,679 | 296,220 | 290,116 | 293,487 | 335,256 | 284,405 |
| Óleo de soja | 9,39 | 36,977 | 37,072 | 36,255 | 37,428 | 36,809 | 35,074 |
| Calcário | 0,30 | 68,621 | 68,299 | 67,542 | 68,277 | 67,204 | 70,005 |
| Fosfato bicálcico | 5,65 | 118,682 | 119,216 | 116,816 | 118,159 | 116,422 | 120,820 |
| Sal comum | 0,52 | 37,048 | 37,215 | 36,465 | 36,862 | 36,321 | 37,446 |
| Premix ¹ | 0,25 | 21,333 | 21,429 | 20,997 | 21,226 | 20,914 | 21,562 |
| Sequestrante de micotoxinas ² | 7,86 | 14,222 | 14,286 | 13,998 | 14,150 | 13,942 | 14,374 |
| DL-Metionina | 21,65 | 28,088 | 28,214 | 27,646 | 27,947 | 27,537 | 27,240 |
| L-Lisina | 14,90 | 20,124 | 20,214 | 19,807 | 19,952 | 19,659 | 18,399 |
| L-Treonina | 12,17 | 9,813 | 9,857 | 9,658 | 9,764 | 9,620 | 8,481 |
| L-Valina | 32,80 | 5,119 | 5,142 | 5,039 | 16,556 | 16,313 | 5,103 |
| L-Triptofano | 96,98 | 3,555 | 3,571 | 4,129 | 2,617 | 4,113 | 2,874 |
| L-Arginina | 143,99 | 0 | 15,000 | 0 | 0 | 14,640 | 0 |
| Cloreto de colina | 13,09 | 7,111 | 7,143 | 6,999 | 7,075 | 6,971 | 7,187 |
| Coccidiostático ³ | 50,77 | 3,271 | 3,285 | 3,219 | 3,254 | 3,206 | 3,306 |
| BHT | 43,68 | 7,111 | 7,143 | 6,992 | 7,075 | 6,971 | 7,187 |
| Enramicina ⁴ | 106,62 | 7,111 | 7,143 | 6,992 | 7,075 | 6,971 | 7,187 |
| Custo de produção da dieta | | 5.291,00 | 5.528,00 | 5.456,00 | 5.554,00 | 5.937,00 | 5.181,00 |

¹Tecnoavi (premix mineral-vitamínico). ²Mastersorb®; ³Coban®; ⁴Enramax® (Enramicina 8%).

⁵Valor médio referente ao mês de outubro 2021 para a cidade de Concordia-SC.

Ao se comparar as dietas experimentais com as dietas controle (positivo e negativo), verificou-se uma diferença de custo de R\$ 756,00 entre a mais viável economicamente (controle negativo) e a menos viável (T5).

A utilização de aminoácidos sintéticos na formulação da dieta é o ocasionador direto da diferença de custos entre as dietas, levando em conta que a dieta com custo

maior de produção possui os três aminoácidos estudados. A L- valina quando utilizada elevou os custos de produção.

5 Conclusões

As dietas com níveis elevados de arginina, triptofano e valina, assim como a dieta controle positivo, não apresentaram diferença significativa entre si e em comparação à dieta controle negativo, para nenhuma das variáveis analisadas.

Referências

ALMEIDA, A. P. S.; PINTO, M. F.; POLONI, L. B.; PONSANO, E. H. G.; GARCIA NETO, M. Efeito do consumo de óleo de linhaça e de vitamina E no desempenho e nas características de carcaça de frango de corte. **Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61. N. 3, p. 698-705, 2009.

AMARANTE JÚNIOR, V. S.; COSTA, P.F.G.; 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**, v.34, n.4, p.1188-1194, 2005.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA O.M.; ARAÚJO C.S.S.; et al. Proteína Bruta e Proteína Ideal para Frangos de Corte no Período de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** vol.3, n.2, 2001. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/11449/4443?mode=full> Acesso em: janeiro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **RELATORIO ANUAL ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. RELATORIO ANUAL DA AVICULTURA 2020.** Disponível em: https://ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf (abpa-br.org). Acesso em: fevereiro de 2022.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.OFFICIAL. **Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 16th ed. 1995

BAKER, D. H.; BATALLA, A. B.; PARR, T.M.; AUGSPURGER, N, R.; PARSONS, C.M. Ideal ratio (Relative to Lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine, and Valine for chicks during the second and third weeks posthatch. **Poultry Science**, v. 81, pag. 485-494, 2002.

BAKER, D. H., HAN, Y., 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science Journal**, v. 73, n. 9, p. 1441 – 1447.

BALL, R.O.; URSCHER, K.L.; PENCHARZ, P.B. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137, n.6, p.1626-1641, 2007.

BELLAVER, C. **Sistemas de produção de frangos de corte – Nutrição e Alimentação**. Embrapa Suínos, 2016. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducaoif6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=5102&p_r_p_-996514994_topicId=5540> Acesso em: janeiro de 2022.

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A.N. Evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percorso** [online], v.2,n.1, p.25-51,2010.

BERRER, J.; VIEIRA, S. L.; FAVERO, A.; FREITAS, D.M.; PEÑA, J. E. M.; NOGUEIRA, R. T. Digestible valine requirements in high protein diets for broilers from twenty-one to forty-two days age. **Animal Feed Science and Technology**. v. 165 p. 120-124.2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. ED. UFLA/FAEPE, 2004. 450p.

BUTOLO, J.E. Agentes antimicrobianos em rações de aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Botucatu. **Anais...** Botucatu, v.3, p.237-254, 1998.

YUAN, C., Y. DING, Q. HE, M.M.M. AZZAM, J.J. LU, X.T. ZOU. **L-arginine upregulates the gene expression of target of rapamycin signaling pathway and**

stimulates protein synthesis in chicken intestinal epithelial cells *Poult. Sci.*, 94 (2015), pp. 1043-1051.

CAMPOS, A. M. de A.; ROSTAGNO, H. S.; NOGUEIRA, E. T.; ALBINO, 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.

CECCANTINI, M. L. & YURI, D. **Otimização da formulação de ração com base em aminoácidos digestíveis**. V Curso de Atualização em Avicultura para Postura Comercial. UNESP, Jaboticabal, 2008. Funep, 31-40 p.

COBB-VANTRESS. **Suplemento de nutrição e desempenho para frangos de corte: Cobb 500**. Guapiaçu: Cobb-Vantress, 2018. Disponível em: <https://www.cobb-vantress.com/>. Acesso em: fevereiro de 2022.

CONEGLIAN, J.L.B., VIEIRA, S.L., BERRES, J., FREITAS, D.M. Responses of fast and slow growth broilers fed all vegetable diets with variable ideal pretein profiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.9, p. 327-334.2010.

CORZO, A.; DOZIER III, W. A.; KIDD, M. T. Valine nutrient recommendations for Ross x Ross 308 Broilers. **Poultry Science**, v. 87, n.2, p.335-338,2008.

CORZO, A., MORAN, E. T., HOEHLER, D., LEMME, A. Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age. **Poultry Sci.**, v.84, p.226-23, 2005.

CORZO, A.; MORAN, E.T.; HOEHLER, D. Valine Needs of Male Broilers from 42 to 56 Days of Age. **Poultry Science**, v. 83, p. 946–951. 2004.

COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; TOLEDO, R.S. et al. Efeito da relação arginina:lisina sobre o desempenho e qualidade da carcaça de frangos de corte de 3 a 6 semanas de idade, em condições de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2021-2028, 2001.

DOZIER III, W.A.; MORAN JR., E.T. Response of early- and late-developing broilers to nutritionally adequate and restrictive feeding regimens during the summer. **Journal of Applied Poultry**.v. 10, p. 92-98, 2001.

DUARTE, K. F. **Critérios de avaliação das exigências em treonina, triptofano, valina e isoleucina para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade**. 2009. 118F. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Campus de Jaboticabal. 2009.

EMMANS, G. C. Problems in modeling the growth of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 51. P. 76-89, 1995.

EMMERT, J.L., BAKER, D.H., 1997. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal Applied Poultry Research** 6(4):462-470.

FARRAN, M. T.; THOMAS, O. P. Valine deficiency. 1.The effect of feeding a valinedeficient dietduring the starter period on performance and feather structure of male broiler chicks. **Poult. Sci.**, Champaign, v. 71, p. 1879–1884, 1992.

FERREIRA, Nayara Tavares. **Exigências de valina para frangos de corte**. 2011. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011. doi:10.11606/D.10.2011.tde-15032012-162507. Acesso em: janeiro de 2022.

FUNDAÇÃO DEMOCRÁTICO ROCHA - Formação para o trabalho. Produtor de galinha caipira. **Alimentando as aves**. 2012. Disponível em: <https://issuu.com/edicoesdemocritorocho/docs/produtor-de-galinha-caipira>>. Acesso em: janeiro de 2022.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; ANDRADE, C.; PAZ, I. C. L. A.; TAKAHASHI, S. E.; PELICIA, K.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO, R. R. Avaliação do desempenho e de parâmetros gastrintestinais de frangos de corte alimentados com dietas formuladas com sorgo alto tanino e baixo tanino. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1248-1257, 2005.

GAYA, L. G; MOURÃO, G. B; FERRAZ, J.B.S.. Aspectos genético-quantitativos de características de desempenho, carcaça e composição corporal em frangos. **Cienc. Rural**, v. 36, n. 2, p.154-157, 2006.

KIDD, MT E L. HACKENHAAR. Treonina dietética para frangos de corte: interações dietéticas e uso de suplementos de aditivos alimentares. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 1.005 (2006).

KOELKEBECK, K.W., BAKER, D.H., HAN, Y. et al. 1991. Research note: effect of excess lysine, methionine, threonine or tryptophan on production performance of laying hens. **Poult. Sci.**, 70:1651-1653.

KRÁLOVÁ, M.; PROCHÁZKOVÁ, Z.; SALÁKOVÁ, A.; KAMENÍK, J.; VORLOVÁ, L. Determination of meat quality by near-infrared spectroscopy. **Maso International - Journal of Food Science and Technology**, v.1, p. 39-43, 2015.

LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; VAZ, R.G.M.V.; REZENDE, W.O. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.1624-1632, 2005.

LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids**, v.41, p. 1195 – 1205, 2011.

LECLERCQ, B. Lysine: Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poult. Sci.**, v. 77, p. 118-123. 1998.

LEMME, A. El “Concepto de Proteína ideal” en la nutrición de pollos. 1. Aspectos metodológicos - Oportunidades y limitaciones. **AminoNewsTM**, v.4, n.1, p.7-18, 2003.

MENDES, A.A.; WATKINS, S.E.; ENGLAND, J.A. et al. Influence of dietary lysine levels and arginine: lysine ratios on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. **Poultry Science**, v.76, n.3, p.472-481, 1997.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA.

Brasil Projeções do Agronegócio 2011/12 a 2021/22. Brasília, 2012, 50 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2022.

MITCHELL, H.H. 1964. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. Academic Press, New York, NY.

OLIVEIRA, D.R.M.S. & NÄÄS, I.A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS, 2012, Rhodes. **Anais...Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings, Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.**

PACK, M., 1995. Proteína ideal para frango de corte. Conceitos e posição atual. In: CONFERÊNCIA APINCO DE TECNOLOGIA AVÍCOLA, Curitiba. **Anais... Curitiba: FACTA**, p. 95 – 110.

PARSONS, C. M., BAKER, D. H., 1994. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá. **Anais... Maringá: SBZ**, p. 120-128.

PESSOA, G.B.S.; TAVERNARI, F.C.; VIEIRA, R.A., ALBINO, L.F.T. Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 13, p. 755-774, 2012.

PENZ JÚNIOR, A. M. **Nutrição de precisão em avicultura de corte**, 2011. Disponível em: <http://nftalliance.com.br/nutricao-de-precisao-em-avicultura-de-corte/> Acesso em: janeiro 2022.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; GUOHUA, Z.; POMAR, J.; LOVATTO, P.A. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutriente excretion in growing animals. In: J.P. McNamara; J. France; D. Sauvant (Org). **Modelling Nutrient Digestion and Utilisation in Farm Animals**. 7 ed. London: CAB International, 2010.

ROMANOFF AL. **The avian Embryo: Structural and Functional Development**, 1960, The Macmillan Company, New York.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L.F.T., HANNAS, M. I., DONZELE, J.L., SAKOMURA, N. K., PERAZZO, F. G., SARAIVA, A., TEIXEIRA, M. L., RODRIGUES, P. B., OLIVEIRA, R. F., BARRETO, S. L. T., BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. 4ª. Ed. P.286-288. 2017.

SÁ, L., NOGUEIRA, E., GOULARD, C., COSTA, F. P. **Aminoácidos na nutrição de frangos de corte**. Disponível em: https://www.ajinomotoanimalnutrition.com.br/upload/Informativo_Aminoacidos%20para%20nutri%C3%A7%C3%A3o%20de%20Frangos%20de%20Corte%202012.pdf de 2019.> Acessado: janeiro de 2022.

SHAN, A S, K G STERLING, G M PESTI et al. The influence of temperature on threonine and tryptophan requirements of young broilers. **Poultry Sci.**, V. 82, P.1154-1162, 2003.

SIQUEIRA, J. C. Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e factorial. 2009. 154f. Tese – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

VAN KEMPEN, L. Infrared technology in animal production. **World's Poultry Science Journal**, v.57, p.29-48, 2001.

VIEIRA, S.L.; POPHAL, S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.3, p.189-199, 2000.

Yadgary, L., Yair, R., & Uni, Z. (2011). The chick embryo yolk sac membrane expresses nutrient transporter and digestive enzyme genes. **Poultry Science**, 90(2), 410-416.

ZANI, A. **Nutrição de precisão e pegada ambiental**, 2016. Disponível em <http://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/nutricao-de-precisao-e-pegada-ambiental-por-arivaldo-zani/20110926-072416-U313>. Acesso em: janeiro de 2022.