

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

WELINGTON APARECIDO HIPOLITO MENDES

AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2021

WELINGTON APARECIDO HIPOLITO MENDES

AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientador(a): Prof. Dr. Kleber Pelicia

WELINGTON APARECIDO HIPOLITO MENDES

AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

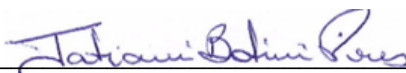
APROVADO EM:



Prof. Dr. Kleber Pelicia
Orientador/UNEMAT-Pontes e Lacerda



Prof. Dra. Adriana Fernandes de Barros
Membro



Profa. Dra. Tatiani Botini Pires
Membro

Dedico este trabalho
às pessoas mais importantes na minha vida,
meus pais Maria dos Anjos e João Donizete,
razão da minha luta diária,
que sempre me incentivaram,
Dedico-lhes de coração!

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, agradeço em tudo na vida.

À Faculdade de Linguagem, Ciências Agrárias e Sociais Aplicadas, Campus de Pontes e Lacerda – MT.

Aos professores desta instituição, pela compreensão, paciência, incentivo, empenho pessoal, que tanto contribuíram para a minha formação profissional, em especial ao Prof. Dr. Kleber Pelicia, pela orientação deste trabalho e sobretudo pela amizade.

A todos meus familiares, em especial a meus pais Maria dos Anjos e João Donizete, e aos meus amigos Glenda Oliveira, Lucas Santos, Guilherme Palermo, Pablo Alessi, Valdemar Fernandes, Ludmila Cardoso, Raiane Lara, Julio Franco e Guilherme Constantino, pelo exemplo de luta, apoio e dedicação nesta caminhada.

A todos os amigos, colegas e companheiros de profissão, sempre torceram pelo meu sucesso, que sempre me incentivaram e pela amizade durante essa caminhada.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Meu Deus, entrego-me a vós e fazei de mim, profissional da Ciência Zootecnia, o que é de vosso agrado. Deponho minha sabedoria em prol da saúde, conforto, melhoramento e alimentação de todos os animais. Ajudai-me a cuidar e lutar pela salvação dos Campos. Dai-me forças para progredir como Zootecnista, buscando melhor qualidade e quantidade de alimentos para a humanidade. Não deixarei que o egoísmo e a inveja, se aposses de meu coração. Estou pronto para tudo, aceito tudo, desde que vossa vontade se realize em mim, com uma

Confiança infinita, pois sois nosso Pai.

Amém.

Autores: (Fabrício de Moraes Ribeiro e Celso Pontes) Ambos Zootecnistas

RESUMO

O objetivo desta revisão foi demonstrar as exigências de aminoácidos para frangos de corte e seus benefícios e limitações na dieta destas aves. A avicultura é uma atividade do agronegócio de grande importância para a economia nacional, sua intensificação ocorreu em função dos avanços no campo da nutrição, genética e sanidade. Surgiu da necessidade em acompanhar o crescimento populacional, sendo necessário reduzir o ciclo produtivo e aumentar a produtividade dos frangos de corte. Na nutrição de aves comerciais, as dietas são específicas em função das diferentes fases do desenvolvimento produtivo, sendo necessário que haja fornecimento de rações que atendam às exigências nutricionais para alcançar o auge do desempenho; melhor rendimento e qualidade da carcaça. As aves possuem requerimentos nutricionais específicos para cada fase da vida (inicial, crescimento, terminação), as quais são ajustadas de acordo com a temperatura ambiental. O fornecimento de aminoácidos está diretamente relacionado ao custo de produção, visto que alimentos de fontes proteicas e aminoácidos são considerados uns dos ingredientes mais onerosos da ração, juntamente com os alimentos de fonte energética. A suplementação de aminoácidos sintéticos na dieta de frangos de corte, proporciona melhora na eficiência produtiva, além de reduzir o uso de alimentos de fonte proteica das rações. A dieta corretamente balanceada com estes nutrientes, evita excedentes, que possam vir a causar poluição ambiental. Os aminoácidos têm como papel principal, promover o crescimento animal, por meio da síntese de proteína muscular. Conclui-se que o fornecimento deste ingrediente na dieta das aves apresenta vários aspectos positivos: otimiza o desenvolvimento; melhora rendimento de carcaça e a qualidade da carne de frango; diminui a poluição dos mananciais; melhora os custos de produção.

Palavras-chave: Avicultura. Dietas. Nutrição. Lisina. Metionina. Proteína ideal. Produtividade

ABSTRACT

The aim of this review was to demonstrate the amino acid requirements for broilers and their benefits and limitations in the diet of these birds. Poultry is one of the most important agribusiness activities for the national economy, its intensification occurred due to advances in the fields of nutrition, genetics and health. It arose from the need to keep up with population growth, making it necessary to reduce the production cycle and increase the productivity of broilers. In commercial poultry nutrition, diets are specific depending on the different stages of production development, requiring a supply of feed that meets the nutritional requirements to reach peak performance; better yield and carcass quality. Birds have specific nutritional requirements for each stage of life (initial, growing, finishing), which are adjusted according to the ambient temperature. The supply of amino acids is directly related to the cost of production, as foods from protein sources and amino acids are considered one of the most expensive ingredients in the ration, together with foods from energy sources. The supplementation of synthetic amino acids in the diet of broiler chickens improves production efficiency, in addition to reducing the use of protein source foods in the feed. A diet that is correctly balanced with these nutrients avoids surpluses that could cause environmental pollution. Amino acids play a main role in promoting animal growth through muscle protein synthesis. It is concluded that the supply of this ingredient in the diet of birds has several positive aspects: it optimizes development; improves carcass yield and chicken meat quality; reduce the pollution of water sources; improves production costs.

Keywords: Poultry. Diets. Nutrition. Lysine. Methionine. Ideal protein. Productivity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 PANORAMA DA AVICULTURA DE CORTE	13
2.2 AMINOÁCIDOS NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE	14
2.2.1 Aminoácidos essenciais	17
2.2.1 Aminoácidos não essenciais	22
2.3 EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A avicultura teve um grande avanço no campo da nutrição, da genética e da sanidade. Dos avanços genéticos alcançados durante anos de seleção genética, destaca-se a redução do ciclo produtivo com alto desempenho das aves: aumento do ganho em peso e melhora da conversão alimentar (SAKOMURA et al. 2015). Por outro lado, as tecnologias desenvolvidas na área da nutrição, promoveram dietas que atendem às exigências nutricionais deste frango geneticamente selecionado (crescimento rápido) em cada fase do ciclo produtivo (VALENTIM et al. 2021).

Atualmente, a carne de frango tem um papel fundamental no comércio de produtos de origem animal. A crescente demanda mundial por alimentos explica o crescimento da indústria avícola, o seu desenvolvimento tecnológico e de sua cadeia produtiva (BITTENCOURT et al. 2021).

Diante deste cenário, a eficiência produtiva de alimentos avícolas se fez necessário, uma vez que a estimativa populacional para 2050 é de mais de nove bilhões de pessoas, e o ritmo de produção de alimentos deve seguir este progresso (SEARCHINGER et al., 2018). Logo, há necessidade em reduzir o tempo de abate, aumentar a produtividade por área e principalmente reduzir os custos com alimentação. Uma vez que os custos com alimentação, representa o principal entrave para a produtividade da atividade.

Neste contexto, novas tecnologias têm surgido no intuito de reduzir os custos de produção desta atividade através da nutrição de precisão, que traz dietas exclusivamente balanceadas para alcançar o máximo desempenho animal e um de seus pontos de trabalho é o uso de aminoácidos para atender as exigências de frangos de corte, que traz inúmeros benefícios, desde a economia gerada pela redução do uso da proteína bruta, até a redução da excreção de poluentes. Uma vez que os aminoácidos participam de uma série de processos metabólicos do organismo animal é importante a formulação da proteína ideal.

Na nutrição de precisão é usado o conceito de proteína ideal, que relaciona os aminoácidos entre si com base na lisina digestível (BITTENCOURT et al., 2021). A proteína ideal é definida pela caracterização da suplementação de aminoácidos sintéticos nas dietas e com isso tem um balanceamento dos nutrientes (GARCIA; GOMES, 2019).

O uso de uma dieta equilibrada em nutrientes, entre eles, aminoácidos melhora a imunidade, desempenho das aves e diminui a poluição do ambiente (PELICIA et al., 2011).

A alimentação possui papel fundamental no desempenho dos animais, estudos objetivando assegurar uma nutrição de baixo custo e, ao mesmo tempo, a melhoria do desempenho animal são de enorme importância para o contínuo desenvolvimento do setor (CAETANO et al. 2020). Assim, objetiva-se com esta revisão de literatura demonstrar as exigências de aminoácidos para frangos de corte e seus benefícios e limitações na dieta destas aves.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No setor agropecuário, a cadeia produtiva da avicultura de corte, teve expressivo crescimento nos últimos anos, contribuindo para a economia brasileira (EMBRAPA, 2018). O país é destaque no mercado mundial, pois ocupa a primeira posição no ranking de exportação de carne de frango (ABPA, 2021). Além de se destacar na produção mundial de aves com 13,245 milhões de toneladas em 2019, sendo 32% para exportação e 68% para mercado interno (ABPA, 2020).

A produção avícola brasileira com fins comerciais teve seu desenvolvimento a partir do final da década de 1950, nos estados da região Sudeste, principalmente em São Paulo. esse período foi marcado, principalmente, pelo sistema de produção artesanal conhecido como frango caipira no qual os animais eram vendidos vivos ou já abatidos nas feiras livres (TREMEA, SILVA, 2019). Décadas depois ocorreram impulsos tecnológicos em equipamentos que melhoraram a produção dos ovos e pintainhos, e principalmente a fabricação de ração, tornado melhor os resultados finais da carne de frango e contribuindo para uma melhor produção de produtos avícolas. Os autores supracitados relatam que os fatores que mais contribuíram para o destaque da atividade avícola foram a rápida absorção dos avanços tecnológicos e a importação de linhagens de alta produtividade.

A nutrição, neste cenário, trouxe novas tecnologias que foram aprimoradas a fim de se obter melhor desempenho animal, reduzir custos, com sustentabilidade por meio do uso de alimentos alternativos, convencionais e com rentabilidade (EMBRAPA, 2018).

Como a nutrição é um dos fatores mais importante na produção zootécnica, visto que o desempenho do animal está diretamente ligado aos nutrientes oferecidos (VALENTIM et al. 2021).

Deste modo as formulações de rações devem ser ajustadas às exigências nutricionais das aves, já que em cada fase da vida os requerimentos nutricionais são diferentes. Segundo Caetano et al. (2020), a atualização das exigências nutricionais na formulação das rações é necessária e deve ser revista periodicamente, em virtude do contínuo melhoramento genético das aves, visando aumento da produtividade e atendimento das exigências do mercado consumidor.

Houve avanços genéticos, sanitários e nutricionais, onde um frango que levava muito mais tempo para atingir o peso ideal, hoje este período foi reduzido em mais da metade. Estas são as linhagens modernas que apresentam rápido crescimento corporal e desenvolvimento

muscular, em especial do peito, com aumento estimado em 5% no seu rendimento nas últimas décadas (DALLE ZOTTE et al. 2020).

No entanto, para que o frango de corte apresente todo o potencial genético para o alto desempenho produtivo se faz necessário uma nutrição de precisão. As dietas para frangos de corte podem conter mais de 200 g/kg de proteína, a maioria derivada de farelo de soja, consequentemente, a indústria da carne de frango tem uma grande demanda por farelo de soja (SELLE et al. 2020). Conforme estes autores, a produção de 1 kg de carne de frango exigirá um insumo da ordem de 560 g de farelo de soja, dada uma inclusão dietética conservadora de 250 g/kg de farelo de soja e uma conversão de 2,25: 1 de ração em peso de carcaça.

Greenhalgh et al. (2020), ressaltam que essa demanda pode ser diminuída pela inclusão de aminoácidos (sintéticos e cristalinos) em dietas para frangos de corte em substituição ao farelo de soja com redução da proteína bruta. Entretanto, deve manter níveis adequados de proteínas, pois, são macromoléculas com alto peso molecular e indispensáveis para o organismo animal: manutenção; reprodução; produção de ovos e carne (BITTENCOURT et al. 2021).

A nutrição animal está em um processo constante de transformação, no qual diversos trabalhos buscam adequar às exigências nutricionais de cada espécie, categoria e ambiente da criação para melhor satisfazê-los (BITTENCOURT et al. 2021).

Avanços tecnológicos que ajudam durante a formulação de uma ração estão relacionados com ingredientes modernos de alto porte nutricional que facilitam o atendimento das exigências de uma ave de crescimento rápido (SAKOMURA et al. 2015). Como exemplo, os aminoácidos sintéticos são ingredientes de alto valor nutricional proteico e que, portanto, as dietas modernas para frangos de corte devem fornecer proteínas adequadas a cada fase e categoria, sendo que, o uso de aminoácidos é uma alternativa viável para favorecer a melhoria do desempenho e garantir maior lucratividade (BITTENCOURT et al., 2021).

2.1 PANORAMA DA AVICULTURA DE CORTE

O exponencial desempenho do setor de avicultura possibilitou ao Brasil assumir posição de destaque no ranking mundial, como o maior exportador e terceiro maior produtor de carne de frango (TREMEA, SILVA, 2019). Mantendo-se neste ranking como maior exportador de carne de frango, seguido pelos Estados Unidos, apesar das incertezas do mercado geradas pela pandemia da Covid-19 no início de 2020. Esses países respondem por cerca de 60% do

comércio internacional desta carne, mas é importante observar o surgimento de novos atores nesse mercado, o que tem aumentado a concorrência no setor, como a Tailândia, Turquia, Ucrânia, China e Rússia (ANUÁRIO 2021 DA AVICULTURA INDUSTRIAL, 2020).

A carne de frango neste cenário tem um papel fundamental por ser uma fonte de proteína de alto valor nutricional, baixo custo de produção e fácil acesso. O consumo de carne de frango tem gradativamente provocado a preocupação dos consumidores, principalmente por relacionar o produto aos problemas que afetam a sociedade, como a eliminação de excretas nitrogenadas ao meio ambiente (BITTENCOURT et al., 2021; BROCH et al., 2020).

De acordo com Moraes e Lima (2020), a cama de aves é originada da criação de frangos que é composta de cama (maravalha ou casca de arroz), desperdício de ração e fezes. É um subproduto da avicultura e não atividade fim de produção para uso como fertilizante. Por isso é desejado menor eliminação de fezes pelas aves.

Portanto, na nutrição de precisão, com uso de aminoácidos e da proteína ideal traz maior eficiência alimentar, melhor conversão alimentar, redução das excretas no ambiente, fatores que ajudam a reduzir os impactos no meio ambiente.

2.2 AMINOÁCIDOS NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

A nutrição é um fator de grande importância para que se produza animais eficientes em índices zootécnicos e econômicos, onde as aves possam expressar seu máximo potencial genético. O principal indicador a ser utilizado para mensurar o desempenho zootécnico de um lote de frangos de corte é o Índice de Eficiência Produtiva (IEP), este índice mede a eficiência produtiva atingida durante a criação de um lote de aves e os parâmetros que avaliados são o ganho de peso diário (kg), viabilidade (%) e conversão alimentar (ROSSI et al. 2020).

As recomendações de nutrientes para frangos de corte visam otimizar o desempenho, bem como as proporções dos componentes individuais da carcaça, especialmente a carne de peito, na busca de melhores retornos econômicos. (KHWATENGE, KIMATHI, NAHASHON 2020).

O atendimento das exigências em aminoácidos está diretamente relacionado ao custo da produção de frangos de corte, visto que a proteína é considerada um dos componentes mais caros da ração (BROCH et al., 2020).

O custo de produção com ração varia de 70% a 80% (BITTENCOURT et al. 2021). Mas é fundamental o uso de aminoácidos sintéticos para atender as demandas nutricionais do frango moderno, consequentemente melhor desempenho e rentabilidade econômica.

Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos no mercado, trouxe a redução da proteína bruta das dietas (SELLE et al. 2020). Permitiu que as rações sejam confeccionadas com níveis de aminoácidos e de proteína bruta mais próximos das necessidades das aves. Dietas com uso de aminoácidos sintéticos são mais precisas em relação às formuladas com base na proteína bruta, que adotam margens de segurança para garantir o suprimento de aminoácidos. Assim, essas dietas são formuladas a níveis superiores aos recomendados que fornecem um excedente de nutriente para garantir o atendimento nutricional, com piores resultados econômicos e ambientais (BROCH et al. 2020).

Atualmente, as rações são formuladas com base nos aminoácidos totais e não somente em respeito a proteína bruta para atender as necessidades proteicas dos frangos de corte. No entanto, ainda é limitado os estudos para se conhecer as exigências de aminoácidos não essenciais, pois estes são limitados quando se reduz a proteína bruta das rações de frango de corte (GREENHALGH et al. 2020).

Conforme Shirisha et al. (2018), a redução da proteína bruta da dieta irá melhorar a eficiência da utilização do nitrogênio, reduzir a excreção de nitrogênio, melhorar a tolerância das aves a altas temperaturas ambientais e reduzir o nível de amônia na cama.

Como forma de substituição ao sistema de formulações por meio de proteína bruta ou aminoácidos totais, surgiu o conceito de proteína ideal. O objetivo de formular dietas para frangos de corte com base na proteína ideal é buscar diminuir a quantidade excessiva de proteínas e aminoácidos nas dietas (GARCIA, GOMES 2019), atender às exigências das aves, sem desperdício para reduzir o impacto ambiental causado pelas excretas dos animais.

Além de buscar reduzir o impacto ambiental (HOFMANN et al. 2020; MORAIS, LIMA 2020), é um marketing positivo na produção avícola, pois minimiza a excreção de resíduos no ambiente, uso exato de ingredientes mais onerosos (alimentos ricos em proteína bruta) e assim apresenta-se como um alimento competitivo para alimentação humana (BITTENCOURT et al. 2021).

O excesso de proteína bruta nas rações pode comprometer o desempenho dos frangos de corte (CHRYSTAL et al. 2020), e gerar impactos ambientais com a excreção de nitrogênio dietético no ambiente. Assim, o objetivo da proteína ideal em dietas é melhorar a eficiência alimentar.

Segundo Martins e Assunção (2018), as vantagens da proteína ideal, consiste em reduzir os custos com a formulação de ração, pois o equilíbrio perfeito entre os aminoácidos permite a redução sistemática do nível protéico da dieta. De acordo com os autores supracitados, o uso de proteína ideal reduz a quantidade de nitrogênio excretado no ambiente, visto que o objetivo é que todos os aminoácidos fornecidos sejam aproveitados pelo animal.

Portanto, o uso de aminoácidos na alimentação de aves, possibilita ao frango de corte expressar o máximo potencial de crescimento, além de permitir uma flexibilidade na formulação de dietas (GREENHALGH et al. 2020).

Por meio dos avanços das biotecnologias aplicadas na produção de aminoácidos sintéticos, foi possível suplementar as rações com os L-aminoácidos, usado durante a síntese proteica, fundamental para atender as exigências nutricionais dos frangos de corte moderno (MARTINS; ASSUNÇÃO 2018).

Os aminoácidos participam de uma série de processos como transmissão de neurônios e biossíntese (AZAD, 2018). De acordo com este autor, existem cerca de 500 aminoácidos de ocorrência natural em existência, e eles podem ser classificados com base na estrutura das localizações do grupo funcional como alfa- (α -), beta- (β -), gama- (γ -) ou delta- (δ -) aminoácidos; de acordo com a polaridade, nível de pH e tipo de grupo de cadeia lateral.

Com exceção da glicina, todos os aminoácidos apresentam carbono α assimétrico, podendo existir pelo menos duas configurações estereoquímicas, a D e a L (MARTINS; ASSUNÇÃO, 2018). Segundo estes autores, os D-aminoácidos são aqueles com o grupo α -amino ($-NH_2$) projetado para a direita, os L-aminoácidos com este grupo direcionado para a esquerda.

Os α -aminoácidos encontrados em peptídeos e proteínas consistem em um grupo funcional ácido carboxílico ($-COOH$), um grupo amino ($-NH_2$) e um hidrogênio ($-H$) ligados ao átomo de carbono- α (AZAD, 2018).

Os aminoácidos são unidades básicas que compõem as proteínas. Existem muitos tipos diferentes de proteínas na natureza. As proteínas são diferentes em tamanho, forma e desenho animado (AZAD, 2018). Para este autor aminoácido simples é chamada glicina que foi um dos primeiros aminoácidos isolados da gelatina de proteína

Na natureza existe uma quantidade enorme de aminoácidos, mas somente 20 destes são utilizados na síntese de proteínas (NELSON, COX 2018). Ao contrário dos vegetais, os animais não conseguem sintetizar todos os aminoácidos necessários.

A classificação dos aminoácidos é baseada na capacidade dos animais sintetizá-los ou não, são divididos em dois grupos, os aminoácidos essenciais e os não essenciais. Os essenciais

são aqueles que não são sintetizados pelo organismo animal e os não essenciais são os aminoácidos sintetizados pelo organismo (MARTINS; ASSUNÇÃO 2018).

2.2.1 Aminoácidos essenciais

A suplementação de aminoácidos na dieta de frangos de corte, permite equilibrar sua composição e reduzir a proteína bruta na dieta sem que o crescimento e o desempenho sejam prejudicados (GREENHALGH et al., 2020).

Os requisitos de aminoácidos essenciais foram estudados extensivamente desde o meio do 20 século (SIEGERT e RODEHUTSCORD, 2019). De acordo com estes autores, avançando o conhecimento dos requisitos para aminoácidos essenciais permitiu que as concentrações de proteína bruta da dieta fossem reduzidas sem o risco de deficiência de aminoácidos essenciais.

Os aminoácidos essenciais não podem ser sintetizados pelos animais em velocidade suficiente para atender as exigências, portanto, devem ser adicionados nas dietas. Há uma variedade de aminoácidos essenciais: arginina; lisina; histidina; leucina; isoleucina; valina; metionina; treonina; triptofano; fenilalanina (HOU; WU, 2018).

Em dietas à base de milho e farelo de soja, quando se disponibiliza os aminoácidos sintéticos (lisina; metionina; treonina; valina) às exigências de alguns aminoácidos são juntamente atendidas, entre eles, arginina; glicina e serina; isoleucina; leucina; histidina; fenilalanina; tirosina (ROSTAGNO et al., 2017).

Os grãos, por causa de seus altos níveis de inclusão nas formulações de rações para frangos de corte, podem contribuir com até 40% do suprimento de proteína da dieta (BARUA et al., 2021).

A suplementação dietética de determinados aminoácidos pode ser usada para melhorar o desempenho de crescimento, capacidade antioxidante e prevenir danos oxidativos em frangos de corte submetidos a estresse por calor (BAI et al. 2019).

A temperatura é um dos principais fatores da causa de estresse para aves. O baixo consumo devido ao estresse calórico pode ter afetado os animais dos níveis inferiores de lisina digestível, resultando em consumo abaixo do necessário de aminoácidos e influenciando negativamente sua síntese proteica (CAETANO, 2020).

A metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves, ele atua na síntese proteica. Selle et al. (2020), descreveram que a metionina pode ser irreversivelmente convertida

em cisteína, e os aminoácidos contendo enxofre são necessários para acreção proteica tanto para a deposição muscular esquelética quanto para a pena.

A metionina é indispensável nas formulações de rações, já que as quantidades necessárias não são fornecidas pelo milho e soja. Como um aminoácido limitante a metionina atua em funções metabólicas dos frangos de corte, possibilitando assim uma melhora no ganho em peso e conversão alimentar e na sua ausência ocasiona problemas como crescimento reduzido, distúrbio metabólico e deficiência no sistema imunológico (REHMAN et al., 2019).

A lisina é um aminoácido essencial e o segundo limitante para as aves (CEMIN et al. 2017). A lisina é necessária para a síntese de proteínas e deposição muscular, síntese de citocinas, expressão gênica e proliferação de linfócitos e, portanto, para o funcionamento ideal do sistema imunológico em resposta à infecção (KHWATENGE, KIMATHI, NAHASHON 2020).

A lisina é usada como um aminoácido referência na formulação de dietas para aves, (CEMIN et al. 2017), além de ser aminoácido essencial, pois não há nenhuma síntese endógena, possui metabolismo voltado principalmente para proteína corporal. A análise laboratorial para determinação dos seus níveis nos tecidos, rações e ingredientes são precisos, além de ser conhecida sua exigência para todas as fases de criação das aves. Apesar de ser considerada como segundo aminoácido limitante para frangos de corte sua suplementação é viável economicamente pela efetiva participação na melhora no desempenho.

Conforme Martins e Assunção (2018), cada aminoácido essencial é expresso em relação a porcentagem de um aminoácido referência, para aves é a lisina, pois permite estimar rapidamente a exigência de todos os aminoácidos quando a exigência deste aminoácido referência estiver estabelecida.

A treonina, está entre os aminoácidos limitantes para frangos de corte, apresenta grande importância na composição do muco intestinal, das enzimas digestivas e na estrutura de anticorpos (MAHMOUD et al., 2021).

A valina é um dos aminoácidos limitantes, atua na síntese proteica e manutenção do organismo. Dentre os aminoácidos essenciais o triptofano atua como precursor de outros aminoácidos, como a síntese de niacina, melatonina e serotonina podendo estar, portanto, relacionado com controle do apetite e no comportamento animal (SINGH, 2019).

A arginina é um aminoácido limitante para as aves. Os frangos de corte, dependem da ingestão dietética de arginina, para contribuir com a síntese de proteínas, penugem e outros processos biológicos (PORTOCARERO, BRAUN, 2021). Para estes autores a arginina na dieta

é absorvida pelo epitélio intestinal, após a digestão, o metabolismo é complexo, mas fundamental para o desenvolvimento das aves.

Para Selle et al. (2020), leucina, um aminoácido antagônico à isoleucina e valina, atua na síntese proteica e manutenção do organismo. Conforme estes autores, o antagonismo é entendido como a interação que ocorre quando a ingestão excessiva de um aminoácido aumenta a exigência de outro estruturalmente semelhante. Além disso, estes autores relatam que a leucina, isoleucina e valina são aminoácidos de cadeia ramificada. Portanto a composição dos ingredientes presentes nas rações e as exigências nutricionais, são fatores determinantes na ordem de limitação dos aminoácidos essenciais (MARTINS; ASSUNÇÃO, 2018). Outro aminoácido essencial que desempenha um papel importante é a isoleucina, este desempenha importante papel na síntese proteica e manutenção do metabolismo animal.

A fenilalanina é frequentemente negligenciada pelos nutricionistas, pois raramente é limitante nas dietas convencionais para frangos de corte (CHRYSTAL et al. 2020). No entanto, a fenilalanina é um aminoácido essencial e um precursor da tirosina.

No experimento conduzido por Maynard et al. (2020), avaliaram a fenilalanina como quarto aminoácido limitante em dietas de aves a base de milho e farelo de soja e observaram um efeito negativo da deficiência da fenilalanina nos pesos das partes da carcaça, mas não observaram os mesmos efeitos negativos em um experimento subsequente para o desempenho das aves. Concluíram que a falta de resposta negativa na ausência de fenilalanina para o desempenho pode ter sido o resultado da não contabilização da tirosina que favoreceu a dieta controle (sem fenilalanina).

A histidina é um aminoácido essencial para aves porque não é sintetizada de forma endógena e deve ser obtida através da dieta. Nestes organismos, a deficiência de histidina induz uma diminuição no peso corporal (MORO, et al. 2020). Além disso, os equilíbrios de nitrogênio não podem ser mantidos com uma dieta sem histidina. Para os autores supracitados, a deficiência de histidina induz uma diminuição na oxidação de aminoácidos e uma diminuição no turnover de proteínas.

Além dos aminoácidos essenciais, tem os aminoácidos considerados condicionalmente essenciais (semi-essenciais), aminoácidos que podem ser sintetizados a partir de outro aminoácido (SELLE et al., 2020).

Alguns estudos observaram melhor desempenho das aves com a suplementação de aminoácidos. Caetano et al. (2020), ao avaliarem seis níveis de lisina digestível (%): 0,88; 0,96; 1,05; 1,13; 1,22; 1,30, distribuídos em 36 unidades experimentais de 36 frangos de corte machos sob as características de desempenho, no período de 22 a 42 dias de idade. Encontraram

resultados favoráveis para o uso de níveis elevados de lisina digestível (1,301%) em relação às aves que receberam dietas com baixos níveis de lisina (0,88; 0,96; 1,05; 1,13; 1,22%). Comparando os resultados do mais alto nível com o mais baixo para o desempenho: consumo de ração (3298 g; 3351 g), peso corporal (2545 g; 2489 g), ganho em peso (1754 g; 1686 g), conversão alimentar (1,880; 2,000), viabilidade das aves (96,57%; 94,20%), índice de eficiência produtiva (451; 397). Neste mesmo estudo foi avaliado a composição corporal e rendimento de carcaça dos animais. Onde foram selecionadas ao acaso cinco aves para essas avaliações. Dos resultados observados, entre as características de carcaça e composição corporal dos animais de 22 a 42 dias de idade, apenas a porcentagem de peito demonstrou diferença significativa.

Entre as características de carcaça e composição corporal dos animais de 22 a 42 dias de idade, apenas a porcentagem de peito demonstrou diferença significativa, com resposta linear positiva em relação ao nível de lisina, aumentando conforme se elevaram os níveis de lisina digestível na dieta (1,301%). Portanto, estes autores consideram que, assim como no desempenho, as características de carcaça e composição corporal podem ter sido influenciadas pelas altas temperaturas e pela URA que os animais enfrentaram durante o período.

Segundo Broch et al. (2020), determinaram dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta em diferentes aspectos: espécies (frangos de corte e poedeiras comerciais); fase etária das aves; estágio produtivo. Para tanto, foram avaliados dois grupos de dietas, um grupo foi baseado na razão lisina: proteína verdadeira e o outro grupo as dietas eram compostas com os mínimos de proteína bruta e formuladas para atender às necessidades nutricionais a um custo mínimo. As duas dietas formuladas para seis categorias de aves: 1) frangos de corte Ross 308 durante a fase inicial (1-10 dias de idade); 2) frangos de corte Cobb 700 durante a fase final (+43 dias de idade); 3) frangas de postura na fase inicial Hy-Line (0-3 semanas de idade); 4) reprodutores Ross 708 (Matrizes 1); 5) poedeiras no pico postura Hy-Line (36 semanas de idade); 6) Poedeiras Hy-Line (36 semanas de idade) com taxa de postura menor que 80 %, totalizou 12 tratamentos. As dietas foram formuladas de acordo com o manual da linhagem. Deste estudo foi possível concluir o uso da razão lisina digestível para proteína verdadeira versus proteína bruta mínima. As dietas experimentais aumentaram os custos da fórmula em \$+10,96 (Frangos corte fase inicial Ross 308); \$+1,57 (Frangos corte fase final Cobb 700); \$-3,95 (Hy-Line 0 a 3 semanas de idade – Inicial 1); \$-4,26 (Ross 708 - Matrizes 1); \$+0,05 (Hy-Line 36 semanas – Pico postura); \$-2,82 (Hy-Line 36 semanas – Poedeiras <80% de taxa de postura) por tonelada de alimento.

Quadros et al. (2019), analisaram lisina digestível em dietas para frangos de corte com 21 e 42 dias de idade sobre os parâmetros de desempenho, morfometria e qualidade do músculo

do peito. Recomenda-se 1,24% de lisina digestível para maior ganho em peso na fase inicial de desenvolvimento das aves (um a 21 dias de idade) e 0,97% de lisina digestível para aves na fase final de criação (22 a 42 dias de idade). Os níveis mais altos de lisina na fase inicial devem-se ao fato que os frangos de corte nesta fase têm uma maior exigência proteica.

De acordo pesquisas realizadas por Andrade (2019), ao avaliar os efeitos da suplementação de treonina in ovo sobre a expressão de transportadores de glicose, peptídeos e aminoácidos no íleo de frangos de corte inoculados com *Salmonella Enteritidis*, em que os pintainhos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, com dois níveis de Treonina (0 e 3,5%) em aves inoculadas ou não com *Salmonella Enteritidis*. Os resultados demonstram que a administração intra-amniótica de treonina em embriões de frangos de corte, proporciona aumento na expressão de genes de transportadores de glicose, peptídeos e aminoácidos após-eclosão, nos tratamentos ausentes de *Salmonella*.

Já Carvalho et al. (2020), ao estudarem complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida (1 ml/L de água) para frangos de corte na fase inicial de criação (um a 21 dias de idade) sobre o desempenho (consumo médio de ração, peso médio final, ganho em peso médio e conversão alimentar) e a morfometria de órgãos digestivos de frangos de corte. Os tratamentos consistiram de um grupo controle (sem suplementação) e suplementação em vários dias de idade: dois, três e cinco dias de suplementação. Concluíram que o uso do complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida para frangos de corte não melhorou o desempenho na fase inicial de criação.

As inclusões de metionina sintética em dietas para frangos de corte são agora praticadas rotineiramente e proporções substanciais de requisitos são atendidas por metionina sintética, que provavelmente aumentarão ainda mais com o desenvolvimento e aceitação de óleo cru reduzido dietas de proteína para produção de carne de frango (CHRYSTAL et al., 2020).

Del Vesco et al. (2020), ao estudarem o efeito da suplementação de DL-metionina na alimentação de frangos de corte de um a 42 dias de idade, observados em duas fases: um a 21 dias de idade; 22 a 42 dias de idade. As diferentes dietas e fase etária das aves deu origem a quatro tratamentos: sem suplementação de DL-metionina (um a 21 dias de idade); nível recomendado de DL-metionina com 2,95% do suplemento (um a 21 dias de idade); sem suplementação de DL-metionina (22 a 42 dias de idade); nível recomendado de DL-metionina com 2,75% do suplemento (22 a 42 dias de idade). Os resultados encontrados sugerem que a suplementação de metionina em quantidades adequadas para cada fase de vida é recomendado

e pode auxiliar o organismo no combate aos efeitos deletérios ao estresse, por proporcionar estímulo da expressão de genes capazes de manter a função epitelial intestinal normal.

Atualmente, a necessidade de produção intensiva de frangos e melhor desempenho de crescimento, além de outros fatores como o aquecimento global, aumentam a probabilidade de que as aves sejam expostas ao estresse térmico (BAI et al., 2019).

Macelline et al. (2021), avaliaram quantidades crescentes de L-metionina 1,38, 2,76 e 4,14 g / kg e uma dieta controle formulada para conter 3,07 g / kg de metionina digestível sobre os parâmetros de desempenho de frangos de corte de um a 21 dias de idade. Cada um dos quatro tratamentos dietéticos eram compostos por seis repetições (gaiolas) com oito aves por gaiola de um a 21 dias de idade após a eclosão. Observou que os níveis graduados de L-metionina aumentaram o ganho em peso (1036 g), o consumo de ração (1246 g) e a taxas de conversão alimentar (1204 g) em frangos de corte de um a 21 dias de idade; um nível de inclusão médio de 3,465 g / kg de L-metionina apontou o melhor ganho em peso e conversão alimentar.

Duarte et al. (2015) em um estudo com frangos de corte Cobb 500, de 22 a 42 dias idade, avaliando a exigência de isoleucina digestível em rações confeccionadas com seis níveis (%) de isoleucina digestível (0,6118; 0,6655; 0,7192; 0,7729; 0,8265; 0,8802), sobre os parâmetros de desempenho (consumo de ração; ganho em peso; conversão alimentar; viabilidade; índice de eficiência produtiva) e características de carcaça. Para análise dos resultados utilizou modelos de regressão quadrática, exponencial e Linear Response Plateau. Concluíram que o nível de 0,7729% de isoleucina digestível em dietas de frangos de corte apresentaram melhor desempenho e assim melhor índice de eficiência produtiva (IEP).

Outro aminoácido não menos importante é a arginina, este aminoácido essencial quando suplementado na alimentação de frangos de corte, pode promover a secreção de hormônio do crescimento (GH) e fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), por isto a arginina pode ser usada como um potencial promotor de crescimento e agente imunomodulador em frangos de corte (XU et al. 2018).

2.2.1 Aminoácidos não essenciais

Os aminoácidos não essenciais são aqueles que o organismo é capaz de sintetizar para o seu funcionamento. Assim como os aminoácidos essenciais também são indispensáveis para o bom funcionamento do organismo. São aminoácidos não essenciais a alanina, asparagina,

glutamina, ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, serina, prolina e cisteína, podem ser obtidos por meio do metabolismo de outros aminoácidos (MAHMOUD, et al. 2021). A glicínia é um aminoácido não essencial, porém frangos de corte durante a fase inicial, devem ser suplementados com este aminoácido, devido à alta exigência protéica necessária para este período.

As exigências de alguns aminoácidos não são consideradas constantes, por exemplo a glicina, observada por Siegert e Rodehutschord (2019), em concentrações dietéticas de Gly equi (glicina equivalente) variando de 10 a 16 g/ kg para atingir 95% da relação (consumo: ganho de peso), ou seja, boa conversão alimentar. Para Hoffmann et al. (2020), essas variações foram explicadas pois as diferentes quantidades de glicina são dissipadas durante os processos metabólicos por precursores endógenos de Gly (glicerina) e Ser (serina).

Bai et al. (2019), avaliaram o efeito da glutamina no desempenho do crescimento em 300 frangos de corte Arbor Acres com 22 dias de idade (metade machos e fêmeas) expostos ao estresse térmico crônico de médio prazo, divididos aleatoriamente em 5 grupos. Onde o grupo controle foi alojado em temperatura normal de 24 ° C e alimentado com dieta básica e os 4 grupos estressados pelo calor foram alojados sob alta temperatura cíclica (8 horas a 34 ° C; 16 horas a 24 ° C), diariamente. As aves foram alimentadas com dieta básica (controle) e dietas suplementadas com glutamina, no total de quatro dietas (0; 0,5; 1,0; 1,5% de glutamina). Observaram que a suplementação dietética com 1,0 e 1,5% glutamina aumentou significativamente peso corporal, ganho em peso corporal, consumo de ração, enquanto a dieta 1,5% glutamina diminuiu significativamente a relação alimentação / ganho (melhorou a conversão alimentar), em comparação com o grupo de controle em estresse térmico. Concluíram que a glutamina dietética melhora o desempenho em frangos de corte sob estresse térmico. Além disso, estes autores afirmam que estresse calórico aumenta a excreção e mobilização de glutamina dos tecidos, mas reduz a retenção de glutamina, o que pode levar à deficiência de glutamina, sugerindo que a necessidade de glutamina pode aumentar

Silva et al. (2019), ao avaliarem a inclusão de glicerina purificada em dietas balanceadas para 240 frangos de corte criados no período de um a 42 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos (0, 2, 4 e 6% de inclusão de glicerina purificada), com seis repetições de 10 frangos cada. Concluíram que de um a 21 dias de idade, houve redução na conversão alimentar (melhorou a conversão alimentar) e aumento linear no ganho em peso, sem efeito sobre o consumo de ração.

2.3 EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS PARA FRANGOS DE CORTE

A exigência total de aminoácidos de uma ave em crescimento inclui dois componentes, o requisito para manutenção e a exigência de acreção de proteína tecidual (SAKOMURA et al., 2015). Porém existem diferentes processos metabólicos para esses dois componentes, o requerimento total das aves vai depender dos processos relativos ao anabolismo e catabolismo de proteína tecidual à sua necessidade total. Os estudos realizados para a determinação dos níveis de exigência nutricional envolveram a realização de dezenas de testes biológicos com frangos de corte, poedeiras, suínos e codornas nas diversas fases da criação e sob variadas condições de ambiente e de temperatura (ROSTAGNO et al., 2017).

Sabe-se que as aves possuem requerimentos nutricionais específicos para cada fase da vida, seja ela inicial, crescimento, terminação, sem deixar de considerar o ambiente de criação (GARCIA, GOMES, 2019). Por outro lado, a condição ambiental a qual os frangos de corte serão criados, é um dos fatores mais importantes a ser monitorado, pois o estresse provoca desconforto e conseqüentemente gasto de energia para manter a homeostase.

Rostagno et al. (2017), recomenda para frangos de corte após os 21 dias de idade, em situações de estresse calórico de até 31 °C, um aumento de aproximadamente 1% na proteína bruta e de 0,05% na lisina digestível, comparados a frangos de corte criados em ambientes com umidades e temperaturas que atinjam o conforto térmico.

A exigência nutricional das aves se altera em função das diferentes fases do desenvolvimento e do ambiente de criação. É necessário que o fornecimento de rações supra a necessidade nutricional para aumentar o ganho em peso sem piorar a qualidade da carcaça (GREGÓRIO et al. 2020). Dessa forma, a formulação de dietas com perfil adequado de aminoácidos é um ponto crítico para explorar melhor o potencial genético dos frangos de corte modernos que são caracterizadas pela rápida taxa de crescimento (ZAMPIGA et al., 2018).

Segundo Carvalho et al. (2021), a atualização das exigências dos nutrientes nas formulações de rações é importante em função da produtividade e manutenção dos frangos de corte. Na determinação das exigências nutricionais dos aminoácidos para aves as rações são formuladas a base de milho e farelo de soja (ROSTAGNO et al. 2017).

Conforme Selle et al. (2020), a inclusão de aminoácidos nas dietas de aves é um meio eficaz de reduzir a quantidade de recursos, incluindo terra, ração, água e energia, para gerar uma produção de alimentos mais sustentável e eficiente para uma crescente população mundial. A atualização das exigências nutricionais na formulação das rações é necessária e deve ser

revista periodicamente, em virtude do contínuo melhoramento genético das aves, visando aumento da produtividade e atendimento das exigências do mercado consumidor (CAETANO et al. 2020).

A digestibilidade de aminoácidos é definida como a quantidade de aminoácidos consumido e a excretada. Segundo Rostagno et al. (2017), a exigência de lisina total para frangos de corte foi calculada considerando a digestibilidade estandardizada da lisina como sendo em média de 90,7%.

Kim et al. (2021), ao determinar as concentrações de energia metabólica e digestibilidade de aminoácidos em energia metabólica para frangos de corte, 40 frangos de corte fêmeas com 60 dias de idade foram distribuídos em cinco tratamentos dietéticos: controle; 10% de ovos inférteis (IFE); ovos não chocados (UHE); pintos de baixo grau ou mortos (LDC); mistura (55% IFE, 10% UHE, 10% LDC e 25% cascas de ovo incubadas) com oito repetições por tratamento, foram medidas as concentrações de energia metabólica em vários subprodutos de incubação. Estes autores concluíram que pintos de baixo grau ou mortos tem as maiores concentrações de energia metabolizável e digestibilidade de aminoácidos entre três subprodutos de incubação individuais (IFE, UHE e LDC), enquanto o tratamento mistura tem relativamente menos concentrações de energia metabolizável e digestibilidade de aminoácidos para frangos de corte. A digestibilidade de energia metabolizável e aminoácidos de subprodutos de incubação são provavelmente afetados por quantidades de inclusão de cascas de ovo incubadas. No entanto, altas concentrações de energia metabolizável e aminoácidos disponíveis indicam que vários subprodutos de incubação individuais e sua mistura são proteínas potenciais ingredientes para dietas de frangos.

Barua et al. (2021), em pesquisa avaliando o coeficiente de digestibilidade ileal padronizado (SIDC) de nitrogênio (N) e aminoácidos (AA) em trigo e sorgo em seis idades diferentes (7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias) de frangos de corte. Nos dois ensaios, as dietas foram formuladas para conter 93,8% de cada grão como única fonte de aminoácidos na dieta, foi adicionado dióxido de titânio (0,5%), como um marcador indigestível. Estes autores concluíram que a idade do frango influencia a digestibilidade de aminoácidos e isso pode precisar ser considerado na prática formulações de rações tradicionais. No entanto, o efeito da idade é variável dependendo do tipo de grão e aminoácido específico.

Em experimento conduzido por Ishii et al. (2019), foi observado que a suplementação de dieta para frangos de corte de 21 dias de idade, com lisina a 15 g/ kg de concentração dietética, que é de 150 % da exigência do NRC (dieta lisina alta no presente estudo). Neste estudo, os autores avaliaram três tratamentos: dieta controle; dieta lisina alta (150% lisina conteúdo de

exigência do Conselho Nacional de Pesquisa); dieta alta treonina/ lisina (0,68 de treonina/ alta lisina na dieta). Observaram uma melhoria no ganho em peso corporal e conversão alimentar dos animais avaliados quando suplementados com alta lisina ou dieta lisina + treonina.

São diversos fatores que afetam a exigência proteica, sendo que aves mais jovens possuem uma necessidade dietética maior de aminoácidos e os animais mais velhos, um requerimento superior de nutrientes, devido ao peso corporal elevado e ao metabolismo mais acelerado (GARCIA; GOMES, 2019).

Os aminoácidos essenciais e não-essenciais atuam em equilíbrio, por isso é de extrema importância na nutrição de frangos de corte a suplementação através dos aminoácidos sintéticos, deve respeitar a ordem de limitação (MARTINS; ASSUNÇÃO, 2018). Para que a suplementação seja realizada de forma correta, deve-se atentar às exigências das aves, a composição e a digestibilidade dos aminoácidos presentes nas fontes proteicas das dietas. As exigências de metionina e cisteína foram estabelecidas com base no fato de que no mínimo 55% dos aminoácidos sulfurosos devem ser metionina (ROSTAGNO et al., 2017).

A metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves, é indispensável devido a sua grande importância para nutrição das aves sendo comercializado como fontes sintéticas a L-metionina, DL-metionina e DL-2 hidroxi-4-(metil) ácido butanoico, que são incluídas na alimentação comercial de frangos de corte para otimizar o nível dietético deste aminoácido (REHMAN et al. 2019). Para estes autores a disponibilidade de metionina da L-metionina, é de 100%, ela é usada diretamente pelo animal como um precursor para a síntese proteica e metabolizada através da via trans sulfúrica para produzir cisteína e glutatona.

Conforme Rostagno et al. (2017), os níveis de fenilalanina e tirosina indicam que no mínimo 55% dessa mistura deve ser do primeiro aminoácido (fenilalanina). Franco et al. (2017), testaram as seguintes razões digestíveis: fenilalanina digestível + tirosina (94, 100, 106, 112, 118%); histidina (28, 31, 34, 37, 40%); leucina (93, 100, 107, 114, 121%), sobre o desempenho (consumo de ração, ganho em peso, conversão alimentar) e características quantitativas de carcaça (peso do peito com osso; peso filé de peito; rendimento de peito com osso; rendimento do filé de peito). Os autores concluíram que com base nos parâmetros de desempenho e carcaça, as razões digestíveis ideais estimadas de fenilalanina + tirosina, histidina e leucina em relação a lisina digestíveis foram de 112, 38 e 104%, respectivamente.

Os aminoácidos são essenciais para que o desempenho seja satisfatório, já que apresentam um papel importante nas funções fisiológicas, incluindo respostas ao estresse e demandas do metabolismo (CHOWDHURY et al., 2021).

A leucina como um aminoácido de cadeia ramificada, tem um papel importante no metabolismo de outros aminoácidos, em que o excesso de leucina em dietas de baixa proteína aumenta o catabolismo da valina e isoleucina levando a uma deficiência desses aminoácidos para um crescimento adequado (FRANCO et al. 2017).

Em experimento Hilliar et al. (2020), analisaram quatro dietas para frangos machos a partir de 10 dias de idade: dieta padrão (controle); dietas com redução dos níveis de proteína com e sem suplementação de glicina. Para combinar com a dieta padrão, originou mais duas dietas (Tratamentos) adicionais níveis de 0,713 e 0,648% de glicina digestível durante a fase de crescimento e final, respectivamente. Os níveis de redução de proteína bruta na fase inicial (10 a 21 dias de idade) foram quatro: 22,5; 20,6; 18,3; 17,7% e os níveis de inclusão de glicina para a fase final (21 a 35 dias), também foi testado com quatro níveis de proteína: 19,7; 17,8; 16,2; 15,5 %. No período experimental foram medidos o desempenho, produção de carne, eficiência de nitrogênio, ingestão de água e digestibilidade ileal aparente de nitrogênio e aminoácido. Os autores concluíram com este estudo que a glicina desempenha um papel importante em aves mais jovens e descobriu que a 19,9% proteína bruta consorciada com nível de glicina de 1,462% é suficiente para sustentar o crescimento semelhante ao de aves alimentadas com a dietas padrão; entretanto, outros aumentos de aminoácidos também podem explicar esse resultado. Observaram que a piora do desempenho das aves causado pela redução da proteína nas dietas pode ser corrigida pela suplementação de aminoácidos essenciais, entre eles, a glicina em rações à base de milho e farelo de soja.

No experimento de Sakomura et al. (2015), testaram os níveis de arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina e valina para manutenção de frangos de corte. Para tanto, realizaram dez ensaios experimentais em que as aves foram divididas por grupo de peso: pequena (2.167,0 g); média (2.355,0 g); grande (2.465,0 g). Para cada ensaio, foram utilizados 50 frangos de corte cobb 500 com 23 semanas de idade e de peso corporal semelhante. As aves foram alojadas em gaiolas individuais (47 cm × 30,5 cm × 47 cm) em salas ambientalmente controladas (22° C) e para o programa de luz adotou um fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro. Das avaliações realizadas, determinou que os requisitos dos aminoácidos, para aves pequenas, médias e grandes, respectivamente: lisina (81; 145; 295 mg/ kg PB/ d); arginina (173; 315; 650 mg/ kg PB/ d); isoleucina (93; 164; 328 mg/ kg PB/ d); leucina (51; 82; 172 mg/ kg PB/ d); metionina (60; 112; 223 mg/ kg PB/ d); fenilalanina (125; 259; 524 mg/ kg PB/ d); treonina (133; 262; 477 mg/ kg PB/ d); valina (154; 312; 545 mg/ kg PB/ d).

Para Shirisha et al. (2018), os níveis adequados de L-treonina são necessários para os frangos de corte atingirem o crescimento ideal. A L-treonina, além de servir como parte da proteína corporal, desempenha um papel importante como precursor de L-lisina e serina, fundamental para produção de mucina gastrointestinal e melhora do sistema imunológico. A serina é um aminoácido não essencial e possui diversas funções no organismo, entre elas, relacionada com a conversão de metionina em cisteína. Importantes quando há redução da proteína bruta dietética e aumento da suplementação de DL- metionina que geralmente ignora os requisitos necessários de cisteína nestes manejos nutricionais (CHRYSTAL et al. 2020).

De acordo com Lima et al. (2016), através da técnica de balanço de nitrogênio, determinou as exigências de isoleucina, valina e triptofano para manutenção. Avaliados com base no peso proteico, as exigências foram 24, 134 e 37 mg/ kg de proteína bruta por dia, para valina, isoleucina e triptofano, respectivamente. Neste estudo, os autores inferem que os cálculos baseados no peso da proteína e no grau de maturidade expressam melhor as exigências de aminoácidos para manutenção de aves.

Xu et al. (2018), avaliaram os efeitos da arginina em dietas de frangos de corte sobre o desempenho e imunidade das aves. Nas cinco dietas (Tratamentos) avaliadas, as aves foram alimentadas com dieta basal (dieta deficiente em arginina, 8,6 % arginina em dietas fornecidas no período de um a 21 dias de idade; 6,8 % arginina em dietas oferecidas no período de 21 a 42 dias de idade), suplementadas com 0; 0,45; 0,90; 1,35; 1,80 % de arginina, respectivamente. O presente estudo mostrou que a exigência de arginina de frangos de corte para o melhor desempenho das aves é de 1,76 % de dieta (mais de 0,90% de arginina na dieta).

Ao avaliar os efeitos da suplementação dietética de L-arginina de frango de corte Zampiga et al. (2018), onde o programa de alimentação era composto de 4 fases: inicial (0-12 d), cria I (13-22 d), cria II (23-33 d) e terminação (34-43 d). O grupo controle recebeu dieta basal sem qualquer suplementação de arginina (relação Arg: Lys digestível = 1,05, 1,05, 1,06, 1,07 na fase inicial, cria I, cria II e terminação, respectivamente). A suplementação dietética de arginina reduziu significativamente a taxa de conversão alimentar cumulativa em comparação com a dieta controle em 12 d (1.352 vs. 1.401, $P < 0.05$), 22 d (1.398 vs. 1.420; $P < 0.01$) e 33 d (1.494 vs. 1.524; $P < 0,05$), e também tendeu a melhorá-lo no período total do experimento (1.646 vs. 1.675; $P = 0,09$). O peso corporal aumentou significativamente a favor das aves suplementadas com arginina em comparação com o grupo que receberam dieta controle aos 33 d (1.884 vs. 1.829 g; $P < 0,05$). Esses autores concluíram que o aumento da proporção arginina: lisina digestível teve efeitos positivos sobre a eficiência alimentar em frangos de corte, provavelmente

por meio da modulação de metabólitos que desempenham papéis importantes no metabolismo energético e proteico.

No estudo de Kralik et al. (2015), avaliaram dietas suplementadas com aminoácidos β -alanina (0; 0,5; 1 %) e L-histidina (0; 0,3; 0,5 %) para frangos de corte. A alimentação experimental foi oferecida durante o período de 21 a 42 dias de idade, sobre os parâmetros qualitativos da carne de peito. Na análise do tecido da carne do peito de frangos de corte, analisaram a concentração de carnosina. Observaram que a suplementação de 0,5 % L-histidina aumentou a concentração de carnosina no músculo do peito de 941,58 $\mu\text{g/g}$ de tecido para 1186,06 $\mu\text{g/g}$ de tecido, enquanto, a suplementação de 1 % β -alanina aumentou a concentração de carnosina de 756,15 $\mu\text{g/g}$ de tecido para 911,01 $\mu\text{g/g}$ de tecido.

A asparagina é outro aminoácido não essencial que possui um papel na biossíntese de glicoproteínas, atuando proporcionando aumento da resistência do músculo à fadiga e o funcionamento do fígado (NELSON, COX 2018). Para estes autores, os aminoácidos não essenciais desempenham papéis cruciais, como é o caso do aspartato que participa na biossíntese de purinas e pirimidinas, como doador de átomos de nitrogênio e no ciclo da ureia, como doador de grupos amino.

Já nos estudos de Olubodun et al. (2016), testaram três dietas para frangos de corte: dieta basal (dieta I); dieta basal mais 0,5 % suplemento dietético comercial contendo uma mistura de L-glutamina e ácido L-glutâmico (dieta II); dieta basal mais 1,0 % suplemento dietético comercial contendo uma mistura de L-glutamina e ácido L-glutâmico (dieta III). As aves foram criadas em ambiente tropical quente e úmido durante o período de um a 42 dias de idade. Relataram que a relação de ganho em peso e conversão alimentar, durante dois períodos: um a 21 dias de idade; um a 42 dias de idade. Observaram valores de 1,36 e 1,83 %, respectivamente, com a suplementação de dieta dois (II); 1,36 e 1,82 %, respectivamente, quando suplementados com a dieta três (III). Ambas as dietas (dietas II e III) tiveram como referência a dieta I. A suplementação de aves com dieta basal mais 0,5% suplemento dietético comercial contendo uma mistura de L-glutamina e ácido L-glutâmico (dieta II), reduziu significativamente a taxa de mortalidade, em três períodos: um a 21 dias de idade (2%); 21 a 42 dias de idade (3%); um a 42 dias (5%). A dieta basal apresentou piores valores para os três períodos: um a 21 dias (3%), 21 a 42 dias (10%) e geral um a 42 dias (13%). Os resultados deste estudo sugerem que a suplementação de dietas com suplemento dietético comercial contendo uma mistura de L-glutamina e ácido L-glutâmico, que contém glutamina e ácido L-glutâmico, pode melhorar o desempenho e viabilidade das aves.

Dentre os aminoácidos não essenciais a prolina está presente em diversas proteínas em organismos termofílicos, indicando seu possível papel na proteção contra a desnaturação térmica (NELSON, COX 2018).

No experimento de Christensen et al. (1995), avaliaram a resistência à tração e os níveis de colágeno na pele da artéria da coxa foram determinados aos 21 e 42 dias de idade em frangos de corte machos, alimentados com três níveis (0; 0,5; 1 %) L-proline com halofuginona (3 mg/kg) ou salinomicina (61 mg/kg). Encontraram que a adição de L-prolina na dieta de frangos de corte machos causou um aumento significativo no peso corporal aos 21 dias de idade, como também houve uma melhora na conversão alimentar com a adição de L prolina ($P < 0,0001$).

Alguns pontos devem ser avaliados para o melhor entendimento das reais exigências dos animais, como o conhecimento das necessidades em aminoácidos não essenciais, o antagonismo entre aminoácidos e toxidez do seu excesso (BITTENCOURT et al. 2021).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aminoácidos são fundamentais para o desenvolvimento de frangos de corte, principalmente aqueles de alto potencial genético. Necessários para obter dietas com base na proteína ideal, além de melhorar a conversão alimentar, ameniza também o impacto ambiental pelo melhor aproveitamento dos nutrientes. Dessa forma, o custo do uso de aminoácidos sintéticos em dietas de frangos de corte pode ser diluído com o melhor IEP (índice de eficiência produtiva), pois além dos benefícios supracitados podem melhorar também o rendimento e a qualidade de carne das aves por estarem envolvidos na síntese proteica do músculo.

REFERÊNCIAS

- ABPA (Associação Brasileira de proteína animal) – Relatório Anual, 2020. Disponível em: <http://abpa-br.org/mercados/#relatórios>. Acesso em 16/09/2021.
- ANDRADE, M. de F. de S. Expressão gênica de transportadores de nutrientes e interleucinas no intestino de pintainhos suplementados com treonina in ovo e inoculados com *Salmonella Enteritidis*. - Areia, 2019. 67 f.: il. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/14243/1/TZ128.pdf>>. Acesso em jun. 2021.
- ANUÁRIO 2021 DA AVICULTURA INDUSTRIAL. Com PIB em alta, - **Infoteca- cnptia**. nº 10, 2020. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128182/1/final9615.pdf>>. Acesso em 24 de junho de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL- ABPA. Relatório anual 2021. Disponível em:<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf>. Acesso em jul. de 2021.
- AZAD, S. Amino acids: its types and uses. **Int J Clin Diagnostic Pathol**, 1(1), 13-6. 2018. Disponível em: <<http://www.biochemjournal.com/articles/4/1-1-16-187.pdf>>. acesso em setembro 2021.
- BAI, X., DAI, S., LI, J., XIAO, S., WEN, A., HU, H. Glutamine improves the growth performance, serum biochemical profile and antioxidant status in broilers under medium-term chronic heat stress. **Journal of Applied Poultry Research**, 28(4), 1248-1254. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3382/japr/pfz091>>. acesso em setembro de 2021.
- BITTENCOURT, T. M.; VALENTIM, J. K.; LIMA, H. J. D. A.; GOBIRA, G. A.; FERREIRA, A. L.; RODRIGUES, R. F. M.; MATOS, N. E. Proteína na Nutrição de Não Ruminantes. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, 25(3), 268-274. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n3p268-274>>. Acesso em setembro de 2021.
- BARUA, M.; ABDOLLAHI, M. R.; ZAEFARIAN, F.; WESTER, T. J.; GIRISH, C. K.; CHRYSTAL, P. V.; RAVINDRAN, V. An investigation into the influence of age on the standardized amino acid digestibility of wheat and sorghum in broilers. *Poultry science*, 100(11), 101466. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101466>. Acesso em outubro de 2021.
- BROCH, J., NUNES, R. V., ALHOTAN, R. A.; PESTI, G. M. Comparação dos custos de formulação para aves baseados na proteína bruta versus relação lisina digestível proteína. 2020, **Ciência animal brasileira.**, v. 21, e-58858. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/download/58858/35227/>>. Acesso em 25 de junho de 2021.
- CAETANO, V. C.; DEMUNER, L. F.; SUCKEVERIS, D.; MUÑOZ, J. A. FARIA FILHO, D. E.; FARIA, D. E. Exigência de lisina digestível de frangos de corte machos de 22 a 42 dias de

idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 72(3), 1017-1026. 2020. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3sGfDKQDt45nq99nGf57yKd/?lang=pt>>. Acesso em 17 de junho de 2021.

CARVALHO, F. B., SATORI, J. R., PEZZATO, A. C. FASCINA, V. B. CASTELO, P. G., SOUZA, I. M. G. P. Temperatura ambiente e idade do frango de corte sobre o valor energético do milho. **Ciência Animal Brasileira**. 22. 2021. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/65526>>. Acesso em jul. 2021.

CARVALHO, G. B.; SILVA MARTINS, J. M. SANTOS NETO, L. D.; CASTEJON, F. V.; REZENDE, P. M.; MENDONÇA, R. A. N.; CAFÉ, M. B. Desempenho e morfometria de órgãos digestivos de frangos de corte na fase inicial suplementados com complexo aminoácido-vitamínico na água de bebida. *Zootecnia: Nutrição e Produção Animal*. In: **Zootecnia [recurso eletrônico]: Nutrição e Produção Animal**. Guarujá, SP. Científica digital, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/200801000.pdf>. Acesso em: 03/06/2021.

CEMIN H. S.; VIEIRA S. L.; STEFANELLO C.; KIPPER M.; KINDLEIN L.; HELMBRECHT A. Digestible lysine requirements of male broilers from 1 to 42 days of age reassessed. **PLOS ONE** 12 (6): e0179665. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179665>>. acesso em setembro de 2021.

CHRISTENSEN; K. D.; ZIMMERMANN, N.; WYATT. G. C. L.; GOODMAN, T. N. Mitigating the Effects of Halofuginone on Skin Strength by Feeding L-Proline to Broiler Chickens. **Puyallup Research and Extension Center**, 7612 Pioneer Way E., Puyallup, Washington 98371-49. 1995. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119455405>>. Acesso em jun. 2021.

CHRYSTAL, P. V.; GREENHALGH, S.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y. Facilitating the acceptance of tangibly reduced-crude protein diets for chicken-meat production. **Animal Nutrition**. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654520300688>>. Acesso em setembro de 2021.

CHOWDHURY, V. S., HAN, G., ELTAHAN, H. M., HARAGUCHI, S., GILBERT, E. R., CLINE, M. A., FURUSE, M. Potential role of amino acids in the adaptation of chicks and market-age broilers to heat stress. **Frontiers in Veterinary Science**, 1109. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.610541>>. Acesso em setembro de 2021.

DALLE ZOTTE, A.; RICCI, R.; CULLERE, M.; SERVA, L.; TENTI, S.; MARCHESINI, G. Research Note: Effect of Chicken Genotype and White Stripe-Wood Breast Condition on Proximal Breast Meat Composition and Amino Acid Profile. *Poultry Science*, 99(3), 1797-1803. Disponível em: <[Research Note: Effect of chicken genotype and white striping–wooden breast condition on breast meat proximate composition and amino acid profile - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579120300688)>. Acesso em 01 de Jul. 2021.

DEL VESCO, A. P.; SOUZA KHATLAB, A. de; SANTANA, T. P.; POZZA, P.C.; SOARES, M. A.M.; BRITO, C. O. BARBOSA, L. T.; GASPARINO, E. Efeito de estresse térmico na função epitelial intestinal de cafeineiros alimentados com suplementação de metionina. **Ciência da Pecuária**, 240, 104152. 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141320303218>>. Acesso em jul. de 2021.

DUARTE K. F. JUNQUEIRA O. M.; FILARDI R. S.; LAURENTIZ A. C.; DOMINGUES C. H. F.; RODRIGUES E. A. Digestible isoleucine requirements for 22- and 42-day-old broilers. **Acta Scientiarum**. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asas/a/xTftm7WnyztN7LR3cjGYxhG/?lang=en>>. Acesso em jul. 2021.

EMBRAPA. **Visão 2030 : o futuro da agricultura brasileira**. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 212 p. : il. color. ; 18,5 cm x 25,5 cm. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030++o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>>. Acesso em jul. de 2021.

FRANCO, S. M.; TAVERNARI, F. C. de; MAIA, R. C.; BARROS, V. R. S. M.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; LELIS, G. R.; CALDERANO, A. A.; DILGER, R. N. **Estimation of optimal ratios of digestible phenylalanine + tyrosine, histidine, and leucine to digestible lysine for performance and breast yield in broilers**. *Poult. Sci.*, 96. 2017, pp. 829-837. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119316013>>. Acesso em jun. 2021.

GARCIA, D. A.; GOMES, D. E.. A Avicultura Brasileira e Os Avanços Nutricionais. **Revista Científica**. 2019. Disponível em: <http://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/167>. Acesso em 17 de Junho de 2021.

GREENHALGH, S.; CHRYSTAL, P. V.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y. Reduced-crude protein diets in chicken-meat production: justification for an imperative. **World's Poultry Science Journal**, 1–12. 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00439339.2020.1789024?scroll=top&needAccess=true>>. acesso em setembro de 2021.

GREGÓRIO, M. G.; BRITO, A. N. dos, S. L OLIVEIRA, A. G.; MASCARENHAS, N. M. H.; PAIVA, F. J. da S.; NETO, M. S. de M.; SILVA, L. P. F. R.; SILVA, S. Fatores que influenciam na qualidade da carne de frango: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e77996530, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.6530. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6530>. Acesso em: 30 jun. 2021.

HILLIAR, M., HARGREAVE, G., GIRISH, C. K., BAREKATAIN, R, WU, S. B., SWICK, R. A. Using crystalline amino acids to supplement broiler chicken requirements in reduced protein diets. **Poultry science**. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119579160>. Acesso em jun. 2021.

HOFMANN, P.; SIEGERT, W.; AHMADI, H.; KRIEG, J.; NOVOTNY, M.; NARANJO, V. D.; RODEHUTSCORD, M. Interactive Effects of Glycine Equivalent, Cysteine, and Choline on Growth Performance, Nitrogen Excretion Characteristics, and Plasma Metabolites of Broiler Chickens Using Neural Networks Optimized with Genetic Algorithms. **Animals**, 10(8), 1392. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani10081392>. Acesso em jun. 2021.

HOU, Y.; WU, G. Nutritionally essential amino acids. **Advances in Nutrition** , 9 (6), 849-851. 2018. Disponível em: <<https://academic.oup.com/advances/article-abstract/9/6/849/5098497>>. Acesso em setembro de 2021.

ISHII, T.; SHIBATA, K.; KAI, S.; NOGUCHI, K.; HENDAWY, A. O.; FUJIMURA, S.; SATO, K. Dietary supplementation with lysine and threonine modulates the performance and plasma metabolites of broiler chicken. **The journal of poultry science**, 0180104. 2019. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/advpub/0/advpub_0180104/article/-char/ja/>. acesso em setembro de 2021.

LIMA, M. B., SAKOMURA, N. K., DORIGAM, J. C. P., DA SILVA, E. P., FERREIRA, N. T., FERNANDES, J. B. K., Maintenance valine, isoleucine, and tryptophan requirements for poultry. **Poultry Science** 95, 842–850, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119320127>. Acesso em jun. 2021.

KRALIK, G.; SAK-BOSNAR, M.; KRALIK, Z.; GALOVIĆ, O.; GRČEVIĆ, M.; KRALIK, I. Effect of β -alanine and L-histidine on concentration of carnosine in muscle tissue and oxidative stability of chicken meat. *Poljoprivreda*. **2015**, 21, 190–194. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/150918>. Acesso em jun. 2021.

KHWATENG, C. N.; KIMATHI, B. M.; NAHASHON, S. N. (2020). Transcriptome Analysis and Expression of Selected Cationic Amino Acid Transporters in the Liver of Broiler Chicken Fed Diets with Varying Concentrations of Lysine. **International journal of molecular sciences**, 21(16), 5594. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijms21165594>>. acesso em setembro de 2021.

KIM, J. H.; CHOI, H. S.; CHOI, W. J.; KIM, H. W.; KIL, D. Y. Determination of metabolizable energy and amino acid digestibility in various hatchery by-products for broiler chickens. **Poultry Science**, 101544. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101544>>. Acesso em outubro 2021.

MACELLINE, S. P.; CHRYSTAL, P. V.; MCQUADE, L. R.; MCLNERNEY, B. V.; KIM, Y.; BAO, Y.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y. Graded L-methionine dietary inclusions influence growth performance and apparent ileal amino acid digestibility coefficients and disappearance rates in broiler chickens. **Animal Nutrition**. 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.06.017>>. Acesso em outubro de 2021.

MAHMOUD, A.; SHAABAN S. E.; MAYADA, R. F.; RUCHI, T.; MOHD., I. Y.; KUMARAGURUBARAN, K.; IZABELA, M.; KULDEEP, D. **Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health** – a comprehensive review, *Veterinary Quarterly*, 41:1, 1-29, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01652176.2020.1857887?src=recsys>>. Acesso em 10/09/2021.

MARTINS, R. A., ASSUNÇÃO, A. S. de A. Importância dos aminoácidos na nutrição de frangos de corte. Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 12(4), 539-554. 2018. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/484/2499>. Acesso em 17 de junho de 2021.

MAYNARD C. W.; LIU S. Y.; LEE J. T.; CALDAS J.; DIEHL E.; ROCHELL S. J.; KIDD, M. T. Determining the 4th limiting amino acid in low crude protein diets for male and female cobb mv × 500 broilers. **British Poultry Science**. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1782348>>. Acesso em outubro de 2021.

MORAIS, M. V. M.; LIMA, H. J. D. Técnicas nutricionais para a redução do impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e11911560, 2020. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1560>. Acesso em: 30 jun. 2021.

MORO, J., TOMÉ, D., SCHMIDELY, P., DEMERSAY, T. C., & AZZOUT-MARNICHE, D. Histidine: A systematic review on metabolism and physiological effects in human and different animal species. **Nutrients**, 12(5), 1414. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/12/5/1414/htm>>. Acesso em outubro de 2021.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger-7**. Artmed Editora, 2018.

OLUBODUN J. O.; ZULKIFLI I.; FARJAM A. S.; HAIR-BEJO M.; KASIM A. Glutamine and glutamic acid supplementation enhances performance of broiler chickens under the hot and humid tropical condition. **Italian J. Animal Science** 2016. Disponível e: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4081/ijas.2015.3263>>. Acesso em jun. de 2021.

PELÍCIA, K.; MOURÃO, J.L.M.; GARCIA, E. A.; PINHEIRO, V.M.C.; [BERTO, D.A.](#); MOLINO, A de B.; FAITARONE, A.B.G.; [VERCESE, F.](#); [SANTOS, G.C.](#); [SILVA, A.P.](#) Effects of dietary calcium levels and limestone particle size on the performance, tibia and blood of laying hens.. *Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 13, p. 29-34, 2011.

PORTOCARERO, N.; BRAUN, U. The physiological role of guanidinoacetic acid and its relationship with arginine in broiler chickens. **Poultry Science**, 2021, 101203. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121002376>>. Acesso em setembro de 2021.

QUADROS, M. P.; DUARTE, V. H. S.; SGAVIOLI, F. S.; ALVA, C. L. C.; DOMINGUES, L. F. M.; SANTOS, D. B.; JUNQUEIRA, J. L. S. Suplementação de lisina digestível influencia o ganho de peso de frangos de corte aos 21 dias de idade. **Archivos de zootecnia**, 68(261), 120-126. 2019. Disponível em: <<https://www.universidaddecordoba.eu/ucopress/az/index.php/az/article/view/3947>>. acesso em setembro de 2021.

REHMAN, A.U.; ARIF, M.; HUSNAIN, M.M.; ALAGAWANY, M.; ABD EL-HACK, M.E.; TAHA, A.E.; ELNESR, S.S.; ABDEL-LATIF, M.A.; OTHMAN, S.I.; ALLAM, A. A. Growth Performance of Broilers as Influenced by Different Levels and Sources of Methionine Plus Cysteine. **Animals**. 2019, 9. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/12/1056#cite>>. Acesso em jun. 2021.

ROSSI, B., TOSCHI, A., PIVA, A., GRILLI, E. Single components of botanicals and nature-identical compounds as a non-antibiotic strategy to ameliorate health status and improve

performance in poultry and pigs. **Nutrition research reviews**, v. 33, n. 2, p. 218-234, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0954422420000013>>. Acesso em Novembro 2021.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. V.; 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**. 4ª edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; DORIGAM, J. C. P.; GOUS, R. M.; ST-PIERRE, N. Modeling amino acid requirements of poultry. **Journal Applied Poultry Research**, v. 24, n. 2, p. 267-282. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119302995#cesec10>>. Acesso em jun. 2021.

SEARCHINGER, T.; WAITE, R.; HANSON, C.; RANGANATHAN, J.; DUMAS, P.; MATTHEWS, E. Creating a sustainable food future: A menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050. **World Resources Institute**, 2018. Disponível em: <<https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>>. acesso em setembro 2021.

SELLE, P. H.; DE PAULA DORIGAM, J. C.; LEMME, A.; CHRYSTAL, P. V; LIU, S.Y. Synthetic and crystalline amino acids: alternatives to soybean meal in chicken meat production. **Animals**, 10(4), 729. 2020. Available at: <<https://www.mdpi.com/698148>>. Accessed on: 12/09/2021.

SIEGERT, W .; RODEHUTSCORD, M. The relevance of glycine and serine in poultry nutrition: A review. **British Poultry Science**. 60.5: 579-588. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1622081>>. Acesso em setembro de 2021.

SHIRISHA, R.; UMESH, B. U.; PRASHANTH, K. Effect of L-Threonine supplementation on broiler chicken: A review. **J. Pharm. Innov**, v. 7, p. 490-493, 2018. Disponível em:<<https://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue3/PartH/7-3-84-195.pdf>>. Acesso em jun. 2021.

SINGH, R. B. . Role of tryptophan in health and disease: systematic review of the anti-oxidant, anti-inflammation, and nutritional aspects of tryptophan and its metabolites. **World Heart Journal**, 11(2), 161-178. 2019. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/f4fce1d3775e54d5f11f60fd1bf963ef/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034815>>. acesso em setembro de 2021.

SILVA, M. C. D.; VAZ, R. G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; STRINGHINI, J. H.; SOUSA, L. F.; FONSECA, F. L. R.; BEZERRA, L. D. S. Purified glycerin in balanced diets of broiler chickens treated from 1 to 42 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 48. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/hn3TPQK4BQWnp8bkHxRxbxN/abstract/?lang=en>>. Acesso em setembro 2021.

TREMEA, F. T.; SILVA, A. C. da. O setor avícola no Brasil e sua distribuição regional. **Economia & Região**, v. 8, n. 1, p. 183-200. 2019. Disponível em:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ecoreg/article/view/35464>. Acesso em 23 de junho de 2021.

VALENTIM, J. K.; LIMA, H. J. D. Á.; BITTENCOURT, T. M.; MATOS, N. E.; BURBARELLI, M. F. D. C.; GARCIA, R. G.; PANTOJA, J. C.; BARBOSA, D. K. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. *Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, 25(1), 44-49. 2021.

XU, Y. Q. GUO, Y. W.; SHI, B. L.; YAN, S. M.; GUO, X. Y. Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens. *Livest Sci*. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141318300015>>. Acesso em jun. 2021.

ZAMPIGA, M.; LAGHI, L.; PETRACCI, M.; ZHU, C.; MELUZZI, A.; DRIDI, S.; SIRRI, F. Effect of dietary arginine to lysine ratios on productive performance, meat quality, plasma and muscle metabolomics profile in fast-growing broiler chickens. *Journal of animal science and biotechnology*. 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40104-018-0294-5>>. Acesso em jun. 2021.