



CAPÍTULO 4

ARGININA E SEU PAPEL NA NUTRIÇÃO DE AVES

José de Arimatéia de Freitas Pinto

Adiel Vieira de Lima

Maria Isabelli Leite Maia

Marcos Cicero Pereira dos Santos

Paloma Eduarda Lopes de Souza

Aline Beatriz Rodrigues

Carlos Henrique do Nascimento

Vania Maria Bernardo de Araújo

Raiane dos Santos Silva

Edijanio Galdino da Silva

Ricardo Romão Guerra

Fernando Guilherme Perazzo Costa

A avicultura apresenta um crescimento significativo nos últimos anos e várias técnicas têm sido utilizadas na busca da melhoria da eficiência da produção das aves. Os avanços constantes da indústria de aves resultam das contribuições científicas e tecnológicas nas áreas relacionadas a atividade. A genética e a nutrição desempenham um papel essencial na geração constante de aves com maior performance e produtividade.

Na avicultura, aproximadamente 70% do custo total de produção é destinado à alimentação. A proteína, como um dos nutrientes mais importantes na alimentação animal, desempenha um papel fundamental na composição das dietas e tem influência direta no desempenho dos animais, incluindo conversão alimentar,

ganho de peso e qualidade da carcaça dos animais. (BERNARDINO et al., 2013). Adicionalmente ao elevado custo dos alimentos proteicos usados na nutrição das aves, há a preocupação com a contaminação ambiental causada pelo excesso de proteína nas dietas dessas aves, o que leva ao aumento da excreção de nitrogênio e à emissão de amônia.

Durantes muitos anos, as formulações de alimentos para aves se basearam no princípio da proteína bruta, levando a dietas com falta ou excesso de aminoácidos. Com a produção em larga escala de aminoácidos, as dietas começaram a ser planejadas com base no conceito de proteína ideal. Considerando que as aves apresentam exigências nutricionais para aminoácidos essenciais e não para proteína bruta em si, atualmente, recomenda-se o desenvolvimento de rações baseadas no conceito de proteína ideal (MARTINS e ASSUNÇÃO, 2018). Entre seus benefícios, destacam-se a diminuição dos gastos com a formulação de ração, graças ao equilíbrio entre os aminoácidos, o que possibilita a diminuição do teor proteico da alimentação, bem como a diminuição da quantidade de nitrogênio expelido pelo animal.

Os aminoácidos são categorizados em essenciais e não essenciais. Os aminoácidos não essenciais nos monogástricos são produzidos pelo corpo a partir de metabólitos intermediários ou de aminoácidos essenciais como cistina, metionina, tirosina e fenilalanina. No entanto, os aminoácidos essenciais não podem ser produzidos pelo corpo, portanto, devem ser incluídos nas dietas (SCOTTÁ et al., 2014). Outros autores mencionam um terceiro grupo de aminoácidos, os condicionalmente essenciais, que são aqueles cuja síntese pode ser restringida devido à escassez de nitrogênio metabólico, como é exemplo da arginina, glutamina, glicina, serina, entre outros. Em algumas circunstâncias, as taxas de utilização superam as de síntese (NRC, 1994).

Com o surgimento dos aminoácidos sintéticos produzidos em escala comercial, como a DL-metionina, L-lisina, L-treonina e L-triptofano entre outros, tornou-se possível a formulação de dietas baseadas no conceito de proteína ideal (MARTINS e ASSUNÇÃO, 2018). Atualmente, a metionina, lisina e treonina, considerados como o primeiro, segundo e terceiro aminoácidos limitantes, são suplementados de maneira habitual nas dietas para aves. Existe, inclusive, um volume significativo de informações sobre os níveis recomendados desses aminoácidos. No entanto, informações sobre a exigência ou a relação com a lisina dos aminoácidos essenciais arginina, isoleucina, valina e triptofano são limitados e exibem uma ampla variação em seu perfil ideal. Na Figura 4.1, mostra os tipos de aminoácidos formadores de proteínas no metabolismo dos animais.

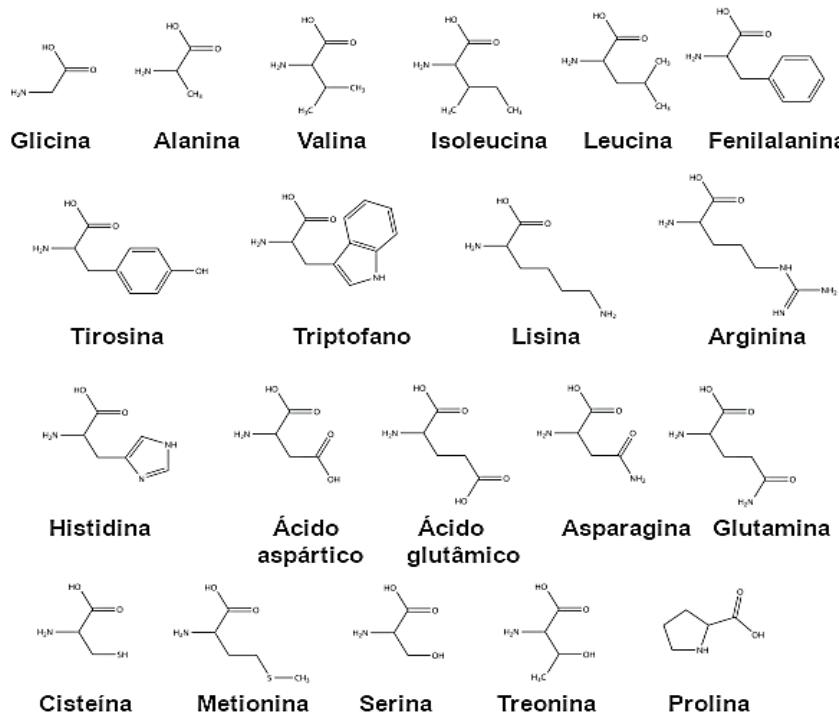


Figura 4.1. 20 tipos de aminoácidos formadores de proteínas.
Adaptado de Lehninger et al. (2019).

O aminoácido arginina é um importante substrato para o metabolismo proteico e também um aminoácido essencial na nutrição das aves. Assim, as aves necessitam estritamente de L-Arginina e dependem fortemente de sua suplementação alimentar (MIAO et al., 2017). A arginina atua como substrato na produção de creatina, poliaminas, L-prolina, diversos hormônios e óxido nítrico (NO), que exerce diversas funções no sistema imunológico (KHAJALI e WIDEMAN, 2010).

A arginina é especialmente vital para as aves, uma vez que, diferentemente dos mamíferos, elas não são capazes de sintetizá-la em quantidade suficiente para suprir suas necessidades fisiológicas. Além disso, não usam o ácido glutâmico como recurso para obtenção de ornitina. Portanto, é necessário fornecer arginina à alimentação das aves. A ingestão de arginina na alimentação deve ser adequada para apoiar a síntese de proteínas, o crescimento do corpo, o desenvolvimento das penas e outras funções biológicas que necessitam desse aminoácido. Portanto, esta revisão objetiva uma perspectiva abrangente sobre a suplementação funcional da arginina e seus benefícios na melhoria do bem-estar e da produção avícola.

4.1. ARGININA NO METABOLISMO DAS AVES DE PRODUÇÃO

A crescente utilização de rações com baixo conteúdo de proteína bruta, a troca do farelo de soja por subprodutos como grãos secos de destilaria de milho e a diminuição da utilização de fontes de proteína animal na alimentação das aves requerem a adição de arginina (DeGROOT et al., 2018). A demanda por arginina pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a quantidade de proteína na alimentação, a origem da proteína, a digestibilidade dos componentes da ração, o estágio de desenvolvimento e a condição fisiológica do animal.

Os aminoácidos são substâncias orgânicas que possuem grupos amino ($-\text{NH}_2$) e carboxila ($-\text{COOH}$), conforme Figura 4.2. A presença de carbono assimétrico faz com que todos os aminoácidos, exceto a glicina, apresentem atividade óptica, existindo nas formas D e L, conhecidas como enantiômeros (LEHNINGER et al., 2019). O carbono α assimétrico atribui quiralidade, um fenômeno em que molécula não é sobreposta às suas figuras reproduzidas no espaço. Por esse motivo, os aminoácidos, exceto a glicina, têm em configuração distintos formatos isômeros espaciais (GRISHIN et al., 2019). As características bioquímicas e funções fisiológicas dos aminoácidos mudam amplamente dependendo das cadeias laterais, que atribuem responsabilidade aos aminoácidos e suas isoformas (GRISHIN et al., 2019).

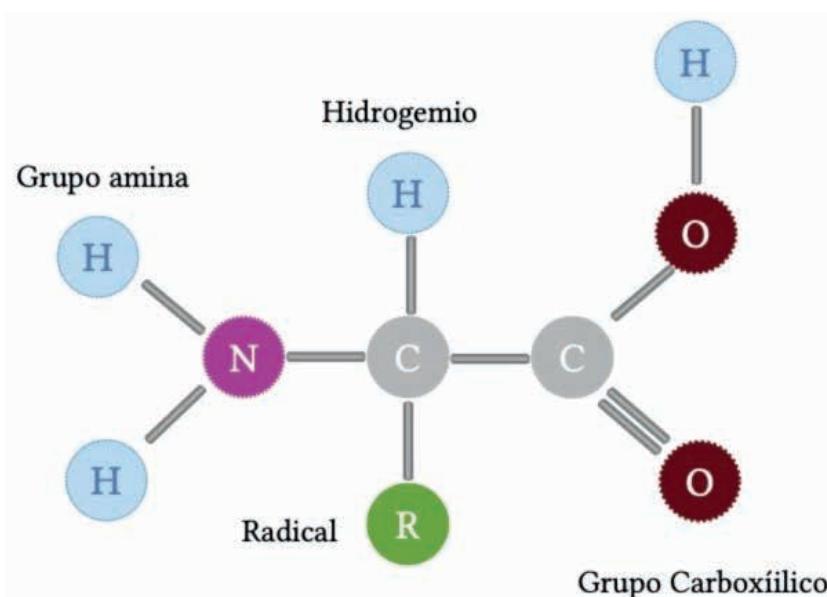


Figura 4.2. Estrutura básica dos aminoácidos em pH neutro. Adaptado de Lehninger et al. (2019).

Toda proteína, independentemente de ser intracelular ou não, é decomposta em aminoácidos. Remove-se a parte tóxica dos alimentos (amônia), restando apenas o esqueleto carbônico. A amina retirada pode ser utilizada na biossíntese de outras moléculas, enquanto o excesso é processado e eliminado. A glutamina ou alanina transporta a amônia até o fígado, onde ela entra no ciclo da ureia. O α -cetoglutarato se converte em glutamato após receber a amina dos aminoácidos dietéticos. O restante do aminoácido é convertido em um α -cetoácido, que possui valor energético. O glutamato, quando ativado pelo ATP, reage com amônia, resultando na formação de glutamina e fósforo. A amônia entra no lugar do fósforo. A amônia é removida por hidrólise ao atingir a matriz mitocondrial do hepatócito. A amina do glutamato é transferida ao piruvato, processo conhecido como transaminação da alanina. Quando chega ao citosol do hepatócito, a alanina transfere a amina ao α -cetoglutarato, resultando na formação de piruvato e glutamato, e, em troca, recebe glicose. A Figura 4.3, ilustra o metabolismo de proteínas e aminoácidos no fígado, incluindo processos como transaminação, deaminação oxidativa, e a formação de ureia ou ácido úrico.

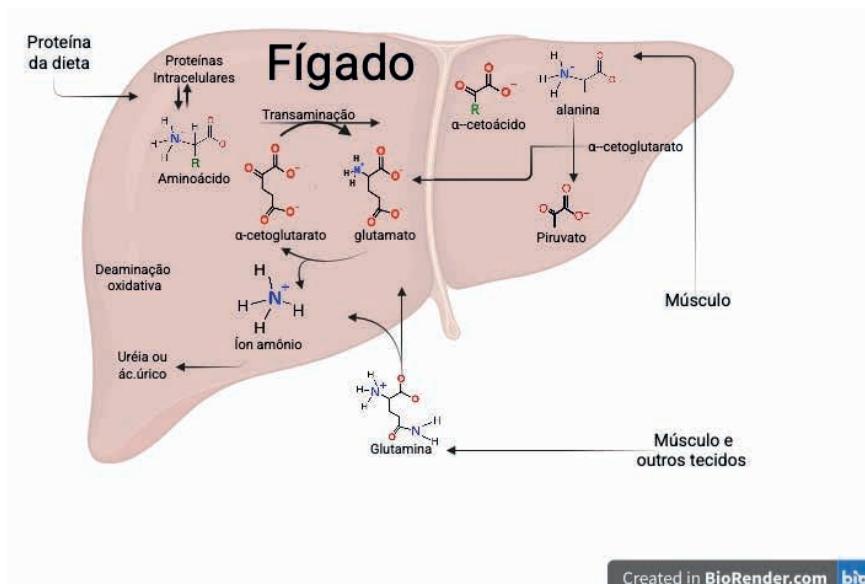


Figura 4.3. Catabolismo das proteínas e do nitrogênio dos aminoácidos. Adaptado de Rodweel et al. (2021).

Created in BioRender.com bio

Começa na mitocôndria do hepatócito, porém também acontece no citosol. A amônia se combina com o bicarbonato e com o ATP. Produzindo cabramos-fosfato, que se incorpora ao ciclo. Combina-se com a ornitina para formar a citrulina, que sai da mitocôndria e se desloca para o citosol. A citrulina passa pela hidrólise do ATP

e se condensa com o amino do aspartato e a carbonila, resultando na formação de arginino-succinato. Este último é clivado, produzindo arginina e fumarato, que podem ser convertidos em ácido cítrico. A arginina permanece no ciclo e é dividida em ureia e ornitina, sendo que a ornitina continua no ciclo. A ureia é transportada aos rins. O fumarato, um intermediário, está presente em ambos os ciclos, formando a bicicleta de Krebs. O fumarato pode retornar ao ciclo da ureia na forma de arginino-succinato, além de ingressar no ciclo do ácido cítrico. O N-acetilglutamato representa a forma de regulação mais breve. A enzima responsável pela síntese de carbamoil é ativada, sendo controlada pelo acetil-CoA, glutamato e arginina. Se existe arginina, também existem N-acetilglutamato e carbamoil. A Figura 4.4, mostra um resumo das reações bioquímicas e intermediários da biossíntese do ciclo da ureia e de Krebs, a partir da amônia.

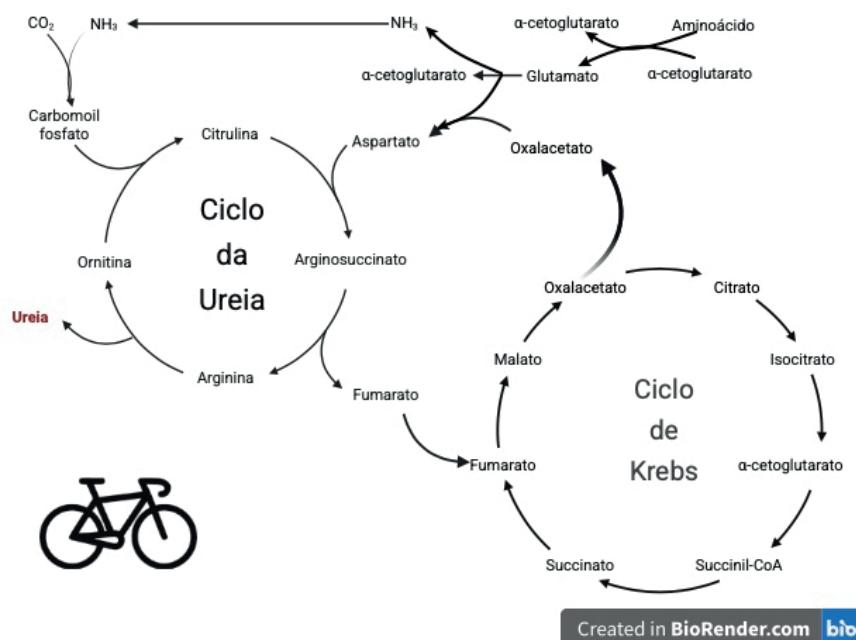


Figura 4.4. Reações e intermediários da biossíntese da ureia e o ciclo de Krebs. Adaptado de Rodweel et al. (2021).

A arginina é um aminoácido importante para vários processos no organismo das aves. Ela é considerada essencial na dieta porque as aves não possuem uma enzima chamada carbamoil fosfato sintase-I, que seria responsável por produzi-la por conta própria. (Application of Nutritional Immunology, 2022). Isso acontece porque as aves não possuem a enzima carbamoil fosfato sintase-I, que é necessária para produzir arginina a partir de ornitina, amônia e o aminonitrogênio do aspartato. Além

disso, elas apresentam atividades menores das enzimas ornitina transcarbamilase e arginase no fígado, o que reforça a sua dependência de obter arginina através da alimentação (KHAJALI e WIDEMAN, 2010).

No entanto, quando há citrulina na dieta, os macrófagos e os rins das aves podem produzir arginina por conta própria (ALLEN E FETTERER, 2000). A citrulina pode substituir a arginina na dieta devido às enzimas argininosuccinato e argininosuccinato sintetase em aves. No entanto, devido à ausência da enzima carbamoil fosfato sintetase, os pintinhos não podem aproveitar ornitina como fonte de arginina (TAMIR E RATNER, 1963). Além disso, a síntese hepática de arginina não ocorre em frangos, pois a atividade da arginase é relativamente maior no fígado. A quantidade de arginina que uma ave precisa pode variar dependendo de fatores como idade, tipo de alimentação e seu estado de saúde. Além disso, a absorção e o uso da arginina pelo organismo também podem ser afetados pela presença de substâncias que atuam como antagonistas. No entanto, ajustes na alimentação podem ajudar a superar esses obstáculos e garantir que as aves tenham a quantidade adequada de arginina.

O clássico antagonismo entre lisina e arginina é causado pelo desequilíbrio na interação entre esses dois aminoácidos, de forma que o excesso de lisina provoca a arginase renal, o que intensifica o catabolismo de arginina no organismo e resulta em sintomas de deficiência de arginina, uma vez que as aves não têm ciclo da ureia funcional (D'MELLO, 2003). De forma geral, o antagonismo pode levar ao aumento ou à diminuição da atividade de enzimas específicas envolvidas no metabolismo dos aminoácidos. Além do aumento da atividade da arginase, a relação antagonista entre lisina e arginina reduz a atividade da enzima glicinaamidinotransferase no fígado, o que pode restringir a produção de creatina (ANDRIGUETTO et al., 1999). No entanto, elevar o nível de arginina em uma dieta rica em lisina atenua o efeito depressivo provocado pelo antagonismo.

No corpo das aves, a arginina é utilizada por quatro enzimas principais: óxido nítrico sintase induzível, arginase, descarboxilase de arginina e AGAT (arginina:glicina amidinotransferase). Os produtos e intermediários gerados durante o metabolismo da arginina por essas enzimas desempenham diferentes funções essenciais para a saúde e o funcionamento das aves (Figura 4.5). A utilização da arginina pela microbiota intestinal das aves, cujos metabólitos podem ter efeitos significativos na composição microbiana intestinal, na regulação imunológica, no metabolismo e na saúde global do hospedeiro.

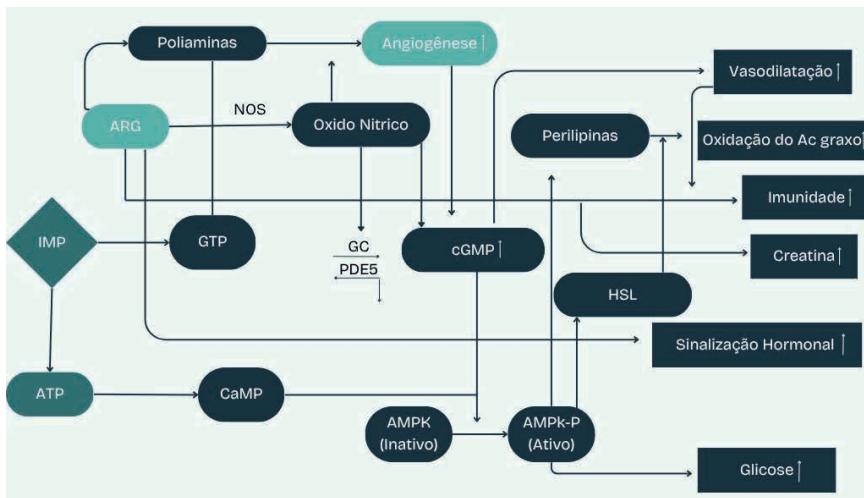


Figura 4.5. Ação dos secretagogos do óxido nítrico. NOS: Óxido nítrico sintase; GC: Guanilil ciclase; PDE5: Fosfodiesterase-5; AMPK: adenosina-3',5'-monofosfato proteína kinase; HSL: Lipase hormônio sensível; Perilipina: proteína que recobre as gotas de lipídios; cGMP segundo mensageiro - ativa as proteínas kinases intracelulares - envolvidos em várias reações importantes; ARG: Arginina; IMP: Monofosfato de inosina; GPT: Trifosfato de guanosina. Adaptado de Jobgen et al. (2006).

A arginina é um aminoácido importante para os animais, sendo essencial para o crescimento, o metabolismo de energia, a resposta do sistema imunológico, a cicatrização de feridas e a produção de proteínas (WU et al., 2009). Além disso, ela é a base para a formação de várias moléculas bioativas, como o óxido nítrico, poliaminas, agmatina, creatina, glutamina, glutamato e prolina (MONTANEZ et al., 2008). Quando se suplementa arginina e seus metabólitos, como o ácido guanidinoacético (GAA) e a citrulina na alimentação de aves, há melhorias no desempenho do crescimento, rendimento da carcaça, rendimento de carne magra, no desenvolvimento ósseo, na imunidade e na habilidade antioxidante (CHOWDHURY et al., 2017; ZHANG et al., 2018; DAO et al., 2021; DAO et al., 2022).

4.2. AVANÇOS DO USO DA ARGININA NA PRODUÇÃO DE AVES

A arginina é um aminoácido essencial para assegurar a saúde e o bem-estar das aves. Ela desempenha diversas funções vitais na fisiologia das aves, incluindo crescimento, metabolismo, resposta imunológica e manutenção da homeostase microbiana intestinal. Ao se unirem, esses elementos sublinham a importância crucial da arginina na determinação do estado nutricional, da resposta imunológica e do bem-estar geral das aves (CHOWDHURY et al. 2017). A arginina proporciona uma via promissora para aprimorar a saúde e a sustentabilidade do setor avícola.

Ainda que estudos prévios reconheçam a relevância da arginina na alimentação de aves, além da síntese proteica, são necessárias mais pesquisas para determinar os níveis adequados de arginina e seus metabólitos em dietas para aves em diversos sistemas de produção, fases de produção, raças e estados fisiológicos. Até certo ponto, tem-se investigado o potencial da arginina na prevenção de enfermidades intestinais, como a coccidiose e a enterite necrótica em aves. No entanto, proporciona uma compreensão mais abrangente do mecanismo específico de ação da arginina nesses processos patológicos. A possível influência da arginina na regulação, na resposta imune e na homeostase microbiana intestinal e sua associação com a frequência, severidade e saúde intestinal de enfermidades intestinais é pouco estudada em aves (ZHANG et al., 2018).

4.3. EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DA ARGININA EM FRANGO DE CORTE

As exigências nutricionais das aves são formuladas de acordo com a quantidade de nutrientes requeridas para alcançar desempenhos básicos do organismo e as funções produtivas de forma mais eficiente. Porém, essas exigências não são constantes, variando com a idade, sexo, ambiente, níveis de energia e aminoácidos da dieta, entre outros fatores (COSTA et al., 2004). Deste modo, um programa alimentar que reúna todos os aminoácidos, vitaminas, minerais e os níveis adequados de energia e proteína, são indispensáveis para um melhor desempenho dessas aves nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e final. A densidade nutricional é mais uma maneira utilizada para conseguir uma máxima concentração de nutrientes em uma mesma dieta e desta mesma, a ave consumindo pouca quantidade a sua exigência nutricional ser atendida e assim não atrase o seu desempenho nas fases de crescimento e dessa forma possa expressar toda sua potencialidade produtiva.

Tabela 4.1. Recomendações de arginina para frangos de corte

Autor	Categoría	Idade	Porcentagem de proteína na ração (%)	Níveis recomendados de arginina (%)	Relação arginina: lisina
(NCR,1994)	Inicial	0 – 3 semanas	23,00	1,25	114
(NCR,1994)	Crescimento	3 - 6 semanas	20,00	1,10	110
(NCR,1994)	Final	6 - 8 semanas	18,00	1,00	118
(ROSTANGNO, 2005)	Inicial	0 - 1 semanas	22,11	1,431	105
(ROSTANGNO, 2005)	Crescimento I	2 - 3 semanas	21,14	1,248	105

(ROSTANGNO, 2005)	Crescimento II	4 – 5 semanas	19,73	1,154	105
(ROSTANGNO, 2005)	Final	6 semanas	18,31	1,100	105
(ROSTANGNO, 2017)	Pré-inicial	1 – 7 dias	22,40	1,430	108
(ROSTANGNO, 2017)	Inicial	8 – 21 dias	21,20	1,315	108
(ROSTANGNO, 2017)	Crescimento I	22 – 33 dias	19,80	1,221	108
(ROSTANGNO, 2017)	Crescimento II	34 – 42 dias	18,40	1,145	108
(ROSTANGNO, 2017)	Final	43 – 56 dias	17,60	1,086	108
(ROSTANGNO, 2017)	Inicial	0 - 1 semanas	22,50	1,430	107
(ROSTANGNO, 2017)	Crescimento I	2 - 3 semanas	21,93	1,397	107
(ROSTANGNO, 2017)	Crescimento II	4 - 5 semanas	20,45	1,321	107
(ROSTANGNO, 2017)	Final	6 semanas	17,67	1,142	107
(COBB 500, 2022)	Inicial	0 – 12 dias	21 – 22	1,360	108
(COBB 500, 2022)	Crescimento I	13 – 28 dias	19 – 20	1,250	108
(COBB 500, 2022)	Crescimento II	29 – 39 dias	18 – 19	1,160	109
(COBB 500, 2022)	Final I	40 – 49 dias	17 – 18	1,050	109
(COBB 500, 2022)	Final II	> 50 dias	17 – 18	0,950	110
(ROSTANGNO, 2024)	Pré-Inicial	0 – 8 dias	22,89	1,477	108
(ROSTANGNO, 2024)	Inicial	9 – 17 dias	22,34	1,441	108
(ROSTANGNO, 2024)	Crescimento I	18 – 27 dias	20,84	1,344	107
(ROSTANGNO, 2024)	Crescimento II	28 – 35 dias	19,95	1,287	107
(ROSTANGNO, 2024)	Final I	36 – 43 dias	19,17	1,253	105
(ROSTANGNO, 2024)	Final II	44 – 56 dias	18,61	1,217	105
(ROSS, 2025)	Inicial	0 – 10 dias	-	-	106

(ROSS, 2025)	Crescimento I	11 – 24 dias	-	-	108
(ROSS, 2025)	Crescimento II	25 – 39 dias	-	-	108
(ROSS, 2025)	Final I	40 – 51 dias	-	-	110
(ROSS, 2025)	Final II	> 52 dias	-	-	112

As exigências nutricionais de aminoácidos para as aves são influenciadas por múltiplos fatores, como genética, linhagem, são cruciais pois o contínuo avanço genético em desempenho de crescimento e produção requer atualizações periódicas das necessidades nutricionais. As exigências variam consideravelmente entre diferentes autores e fontes, dependendo do estágio de desenvolvimento, idade, condições ambientais, bem-estar e sexo. (Tabela 4.1).

A arginina não é um aminoácido restritivo em uma alimentação para aves que utiliza farelo de milho e soja, com uma relação arginina:lisina variando entre 104 e 110 (COBB 500 BROILER, 2022; ROSS BROILER, 2022). Contudo, pesquisas recentes sugerem que uma relação mais elevada de arginina:lisina é aconselhável para otimizar o ganho de peso e a conversão alimentar (ZAMPIGA et al., 2018; SIRATHONPONG et al., 2019; CORZO et al., 2021). Também se sugere a suplementação de arginina para aves criadas em altas altitudes, durante o estresse por calor e frio, e ao aumentar adensamento de estocagem (KODAMBASHI EMAMI et al., 2017).

4.4. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ARGININA PARA GALINHA POEDEIRA

Na criação de poedeiras, vários fatores podem alterar a produção e a qualidade dos ovos, no qual se entende que a alimentação é uma das principais questões críticas no crescimento, desenvolvimento e produtividade. As exigências nutricionais das aves são estabelecidas de acordo com a quantidade de nutrientes exigidas para realizar as funções básicas do organismo e as funções produtivas de forma eficiente. Entretanto, essas exigências não são constantes, variam com a genética, linhagem, idade, ambiente, sexo, peso, níveis de energia, aminoácidos da dieta, entre outros fatores (COSTA et al., 2004). Segundo Sakomura e Rostagno (2007) para atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais e para que possam propagar o máximo do seu potencial, é imprescindível que se formulem rações eficientes.

A Tabela 4.2, mostra as variações dos níveis de recomendação de arginina para galinhas poedeiras em relação a idade, estados fisiológicos, genética, linhagem, cor de ovos e peso da ave.

Tabela 4.2. Recomendações de arginina para poedeiras leves e semipesadas

Autor	Categoria	Idade	Porcentagem de proteína na ração (%)	Níveis recomendados de arginina (%)	Relação arginina: lisina	Consumo estimado de arginina (g/ave/dia)	Linhagens Raças
(NCR,1994)	Inicial	0 – 6 semanas	18,00	1,00	117	-	Ovos Brancos
(NCR,1994)	Cria	6 - 12 semanas	16,00	0,83	138	-	Ovos Brancos
(NCR,1994)	Recria	12 - 18 semanas	15,00	0,67	148	-	Ovos Brancos
(NCR,1994)	Produção	18 ao final da postura	17,00	0,75	144	-	Ovos Brancos
(NCR,1994)	Inicial	0 – 6 semanas	17,00	0,94	117	-	Ovos Marrons
(NCR,1994)	Cria	6 - 12 semanas	15,00	0,78	139	-	Ovos Marrons
(NCR,1994)	Recria	12 - 18 semanas	14,00	0,62	147	-	Ovos Marrons
(NCR,1994)	Produção	18 ao final da postura	16,00	0,72	147	-	Ovos Marrons
(ROSTANGNO, 2005)	Inicial	1 – 6 semanas	18,00	0,937	107	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2005)	Cria	7 – 12 semanas	16,00	0,671	108	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2005)	Recria	13 – 18 semanas	14,00	0,531	110	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2005)	Produção	18 ao final da postura	16,50	0,727	100	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2005)	Inicial	1 – 6 semanas	18,00	0,907	107	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2005)	Cria	7 – 12 semanas	16,00	0,660	108	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2005)	Recria	13 – 18 semanas	14,00	0,514	110	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2005)	Produção	18 ao final da postura	17,00	0,750	100	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2011)	Inicial	1 – 6 semanas	18,00	0,937	107	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2011)	Cria	7 – 12 semanas	16,00	0,671	108	-	Aves Leves

(ROSTANGNO, 2011)	Recria	13 – 18 semanas	14,00	0,531	110	-	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2011)	Produção	18 ao final da postura	16,50		100	0,736	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2011)	Inicial	1 – 6 semanas	18,00	0,907	107	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2011)	Cria	7 – 12 semanas	16,00	0,660	108	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2011)	Recria	13 – 18 semanas	14,00	0,514	110	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2011)	Produção	18 ao final da postura	17,00	0,774	100	-	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2017)	Inicial	1 – 4 semanas	19,16	1,242	107	0,218	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2017)	Cria	5 – 10 semanas	16,70	1,072	107	0,412	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2017)	Cria	11 – 15 semanas	11,22	0,721	107	0,364	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2017)	Pré-postura	16 – 18 semanas	14,00	0,903	108	0,478	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2017)	Produção	18 ao final da postura	14,75	0,819	100	0,799	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2017)	Inicial	1 – 4 semanas	18,78	1,218	107	0,239	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2017)	Cria	5 – 10 semanas	15,96	1,026	107	0,437	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2017)	Recria	11 – 15 semanas	9,67	0,622	107	0,367	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2017)	Pré-postura	16 – 18 semanas	11,31	0,729	108	0,465	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2017)	Produção	18 ao final da postura	13,25	0,736	100	0,850	Aves Semipesadas
(Cobb 500, 2022)	Inicial	0 – 28 dias	19,00	0,980	105	-	Matriz Cobb 500
(Cobb 500, 2022)	Crescimento	29 – 105 dias	14,50	0,660	110	-	Matriz Cobb 500
(Cobb 500, 2022)	Pré-postura	106 – 1º ovo	15,00	0,690	110	-	Matriz Cobb 500
(Cobb 500, 2022)	Postura I	1º ovo – 266 dias	15,00	0,690	110	-	Matriz Cobb 500
(Cobb 500, 2022)	Postura II	> 267 dias	14,50	0,660	110	-	Matriz Cobb 500

(ROSTANGNO, 2024)	Inicial	1 – 4 semanas	14,36	0,918	108	0,190	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2024)	Cria	5 – 10 semanas	12,04	0,787	109	0,351	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2024)	Cria	11 – 15 semanas	09,76	0,641	109	0,352	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2024)	Pré-postura	16 – 18 semanas	12,99	0,833	109	0,488	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2024)	Produção	18 ao final da postura	14,15	0,820	105	0,634	Aves Leves
(ROSTANGNO, 2024)	Inicial	1 – 4 semanas	16,01	1,043	108	0,217	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2024)	Cria	5 – 10 semanas	12,39	0,791	109	0,407	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2024)	Cria	11 – 15 semanas	11,20	0,730	109	0,465	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2024)	Pré-postura	16 – 18 semanas	14,06	0,901	109	0,607	Aves Semipesadas
(ROSTANGNO, 2024)	Produção	18 ao final da postura	13,06	0,758	105	0,852	Aves Semipesadas

Em poedeiras, o período inicial de produção envolve uma série de acontecimentos que transformam significativamente as funções fisiológicas da ave e estar sujeito ao programa nutricional equilibrado nas fases anteriores para ocorrer com eficiência e permitir que os níveis de produção possam ser alcançados. Na fase de cria e recria, as aves estão em aumento do corpo e com consecutivas modificações como desenvolvimento do sistema imune e digestório, sistema muscular, do ovário e sistema reprodutor. Além disso, os ossos vêm, desde o nascimento, aumentando e se tornando uma estrutura forte e de grande importância para a ave na fase de postura (COSTA et al., 2015).

De acordo com o guia de manejo Hy-Line W-36 (2020), uma franga exige na fase inicial, crescimento e pré-postura 18,25, 17,50 e 16% de proteína bruta na dieta, respectivamente. Em termos técnicos, as galinhas poedeiras não têm necessidade de proteína bruta. Entretanto, uma quantidade satisfatória deve estar disponível na dieta para prover um suprimento de aminoácidos não essenciais (NRC, 1994).

Na dieta de poedeiras, os aminoácidos limitantes são, nessa ordem, metionina, lisina, triptofano, treonina, valina, isoleucina e arginina. Conforme Rostagno et al. (2011), as recomendações de aminoácidos para poedeiras são as seguintes: Met+Cis (0,731%), lisina (0,803%), triptofano (0,185%), treonina (0,610%), valina (0,763%), arginina (0,803%) e isoleucina (0,610%).

Lima et al. (2007) realizaram um estudo com galinhas poedeiras usando um arranjo fatorial com três níveis de arginina (0,64; 0,72 e 0,79%) em relação à lisina. Ao analisar o impacto dos níveis de arginina em cada nível de lisina, esses autores observaram resultados superiores de produção e conversão alimentar no menor nível de lisina (0,71%) e no maior nível de arginina (0,79%). Nesse mesmo estudo, observou-se um aumento no peso dos ovos nos níveis de 0,72% de arginina e 0,78% de lisina. Foi recomendada a adoção de 0,64% de arginina e 0,71% de lisina para galinhas poedeiras em fase de postura, o que corresponde a uma relação de 0,91 entre a arginina digestível e a lisina digestível.

4.5. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ARGININA PARA CODORNAS JAPONESAS

A nutrição voltada para a produção tem desempenhado um papel fundamental na coturnicultura, atendendo às demandas nutricionais e alcançando resultados comerciais positivos, considerando que a maior parte dos custos de produção está ligada à alimentação durante o período de alojamento das aves. A proteína e os aminoácidos industriais incorporados às rações e o nível de energia representam uma parte considerável dos custos, tornando essencial a definição de padrões nutricionais mínimos que garantam o máximo rendimento produtivo animal com os menores custos de produção (SCOTTÁ, 2014).

A Tabela 4.3 apresenta variações dos níveis de recomendação de arginina para codornas japonesas em relação a idade, estados fisiológicos, genética, linhagem, mostrando recomendações diferentes entre autores e as fontes.

Tabela 4.3. Recomendações de arginina para codornas japonesas

Autor	Categoria	Idade	Porcentagem de proteína na ração (%)	Níveis recomendados de arginina (%)	Relação arginina: lisina	Consumo estimado de arginina (g/ ave/dia)	Linhagens Raças
(NCR,1994)	Inicial	-	24,00	1,25	96	-	Japonesa
(NCR,1994)	Crescimento	-	24,00	1,25	96	-	Japonesa
(NCR,1994)	Reprodução	-	20,00	1,26	126	-	Japonesa
(ROSTANGNO, 2011)	Cria	1 – 14 dias	22,00	1,190	106	-	Japonesa
(ROSTANGNO, 2011)	Recria	15 – 35 dias	22,00	1,190	106	-	Japonesa
(ROSTANGNO, 2011)	Produção	36 – 55 dias	18,80	1,273	116	-	Japonesa

(ROSTANGNO, 2017)	Cria	1 – 14 dias	24,36	1,182	108	0,185	Japonesa
(ROSTANGNO, 2017)	Recria	15 – 35 dias	23,01	1,096	106	0,246	Japonesa
(ROSTANGNO, 2017)	Produção	36 – 55 dias	19,00	1,273	115	0,312	Japonesa
(ROSTANGNO, 2024)	Cria	1 – 14 dias	25,07	1,512	108	0,236	Japonesa
(ROSTANGNO, 2024)	Recria	15 – 35 dias	25,02	1,219	106	0,274	Japonesa
(ROSTANGNO, 2024)	Produção	36 – 55 dias	18,00	1,142	115	0,290	Japonesa

As orientações nutricionais de arginina para codornas japonesas em postura no Brasil podem ser conferidas nos trabalhos de Silva e Costa (2009) e Rostagno et al. (2011) que propõem uma conexão entre a arginina digestível e a lisina digestível de 1,26 e 1,16, respectivamente.

4.6. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ARGININA PARA CODORNAS EUROPEIAS

A arginina é um aminoácido fundamental para as aves, e fornecer dietas com arginina acima das quantidades recomendadas mostrou ter um efeito positivo no desempenho de crescimento de aves. Contudo, são necessários mais estudos para compreender como a suplementação de arginina em doses superiores às geralmente recomendadas impacta o metabolismo e a saúde intestinal de codornas europeias.

Também foi demonstrado que a arginina induz a expressão e a secreção de hormônios anabólicos, como a insulina, o hormônio do crescimento (GH) e o fator de crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1). Além disso, a arginina afeta o desenvolvimento do músculo esquelético por meio da via mecanística do alvo da rapamicina (mTOR) e é usada para gerar creatina, um derivado de aminoácido vital para a função e a homeostase energética dos músculos.

A arginina é um aminoácido versátil que desempenha papéis proteinogênicos, tróficos e funcionais no corpo animal. Sendo multifuncional, a arginina pode afetar o metabolismo, o crescimento, a imunidade e o estado de saúde de diversas maneiras. Por exemplo, é o substrato para a biossíntese de óxido nítrico, poliaminas, prolina e glutamato.

Na Tabela 4.4 expõe a variação dos níveis de recomendação de arginina para codorna europeia em relação a idade, categoria, genética e linguagem.

Tabela 4.4. Recomendações de arginina para de codornas europeias

Autor	Categoria	Idade	Porcentagem de proteína na ração (%)	Níveis recomendados de arginina (%)	Relação arginina:lisina	Consumo estimado de arginina (g/ave/dia)	Linhagens Raças
(ROSTANGNO, 2024)	Inicial	1 – 14 dias	25,00	1,961	140	0,226	Europeia
(ROSTANGNO, 2024)	Crescimento	15 – 35 dias	23,00	1,720	146	0,389	Europeia
(ROSTANGNO, 2024)	Completa	1 – 35 dias	23,80	1,816	144	0,330	Europeia

Segundo Silva e Costa (2009) as percentagens de arginina total relativa à proteína foram de 8,28; 8,45; 8,36 e 7,36%, respectivamente, para a fase inicial, crescimento, período total de crescimento e produção de ovos para as codornas europeias.

Do mesmo modo, a maior taxa de crescimento principalmente dos músculos nas codornas europeias consistir em a provável explicação para este resultado, devido à arginina ser quase exclusivamente utilizada para síntese proteica, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento muscular, além de estar envolvida em processos metabólicos importantes como a produção de óxido nítrico, um importante vasodilatador que melhora a circulação sanguínea, o que pode levar a um melhor transporte de nutrientes e oxigênio para os tecido, além de desempenha um papel importante na resposta imunológica, ajudando a fortalecer o sistema imunológico e tornando as aves mais resistentes a doenças.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arginina é um aminoácido essencial para aves, desempenhando múltiplas funções que vão além da síntese proteica. Ela atua como precursora de compostos biologicamente ativos como o óxido nítrico, poliaminas, creatina e ornitina, os quais estão diretamente envolvidos em processos fisiológicos vitais como a imunomodulação, vasodilatação, cicatrização, desenvolvimento muscular e crescimento ósseo. Nas aves, a importância da arginina é ainda mais destacada pelo fato de que elas não possuem a via da arginase hepática para reciclar-la a partir da ornitina e da ureia, como ocorre em mamíferos. Isso torna sua suplementação dietética essencial para atender às exigências nutricionais, principalmente em fases críticas como crescimento, reprodução e desafios sanitários.

Estudos mostram que a suplementação adequada de arginina melhora o desempenho zootécnico, a conversão alimentar, a resposta imune e a resistência a doenças. Além disso, pode influenciar positivamente o desenvolvimento de órgãos e

tecidos, inclusive o sistema gastrointestinal e o sistema imune, sendo considerada um nutriente funcional. Contudo, o equilíbrio é fundamental, tanto a deficiência quanto o excesso de arginina podem acarretar efeitos adversos. Portanto, sua inclusão na dieta deve considerar fatores como idade, linhagem, objetivo produtivo (corte ou postura), condição sanitária e interação com outros aminoácidos, especialmente lisina. Assim, a arginina destaca-se como um aminoácido chave da nutrição de precisão em avicultura, contribuindo não apenas para a produtividade, mas também para a saúde e o bem-estar das aves, o que a torna um alvo estratégico para formulações modernas e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, P. C.; FETTERER, R. H. Recent advances in biology and immunobiology of *Eimeria* species and in diagnosis and control of infection with these coccidian parasites of poultry. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 15, n. 1, p. 58–65, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/CMR.15.1.58-65.2002>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. 13. ed. São Paulo: Nobel, 1999.
- Application of Nutritional Immunology. Arginine: Nutrition and immune function. **Animal Nutrition**, v. 8, p. 45–56, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.001>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- BERNARDINO, V. M. P. et al. Proteína ideal na nutrição de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p. 625–634, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/xYDCYJxVLmPFk3qQCkkMzRz>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- CHOWDHURY, V. S. et al. L-arginine acts as a potential mediator in suppressing stress responses through nitric oxide production in broiler chickens. **Amino Acids**, v. 49, p. 681–690, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2383-z>. Acesso em: 06 jul. 2025.
- COBB 500 BROILER. **Guia de manejo para frangos de corte. Cobb-Vantress**, 2022. Disponível em: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-500-Broiler-Performance-and-Nutrition-Supplement-PT.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- CORZO, A. et al. Standardized ileal digestible amino acid ratio recommendations for broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 30, p. 100–107, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.100107>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- COSTA, F. G. P. et al. Proteína ideal para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 6, n. 3, p. 149–155, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/sKwLSsNm5F3GczSmxftQmjP>. Acesso em: 01 jul. 2025.

COSTA, F. G. P. et al. Exigências de aminoácidos para poedeiras. In: **29ª Reunião do CBNA – Congresso sobre Nutrição de Aves e Suínos 2015**. São Pedro, SP, 2015.

DAO, Q. et al. L-arginine enhances growth performance and meat quality of broiler chickens by modifying muscle development and fiber characteristics. **Poultry Science**, v. 100, p. 101227, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.047>. Acesso em: 12 mai. 2025.

DAO, H. T. et al. Suplementação de dietas com teor reduzido de proteína com. **Animal Prod. Sci.** 62 (13), 1266–1279. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/an21395>. Acesso em 24 jun. 2025.

DEGROOT, A. A. et al. Eficácia do ácido guanidinoacético no crescimento e no metabolismo energético muscular em frangos de corte recebendo dietas com deficiência de arginina. **Poult. Sci.** 97 (3), 890–900. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pex378>. Acesso em 24 jun. 2025.

D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2003.

GRISHIN, D. V. et al. D-aminoácidos na natureza, agricultura e biomedicina. **All Life**, 13 (1), 11–22. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21553769.2019.1622596>. Acesso em: 23 jun. 2025.

Hy-Line International. Guia de Manejo Hy-Line W-36. **Hy-Line International**. 2020. p. 32. West des Moines, Iowa-EUA. Disponível em: <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/W-36/36%20COM%20POR.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2025.

JOBGEN, W. S. et al. Regulatory role for the arginine–nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. Volume 17 Issue 9, 2006. Pages 571-588. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.12.001>. Acesso em: 17 jul. 2025

KHAJALI, F.; WIDEMAN, R. F. Dietary arginine: Metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 751–766, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0043933910000745>. Acesso em: 12 jul. 2025.

KODAMBASHI EMAMI, N. et al. Interactive effects of temperature and dietary supplementation of arginine or guanidinoacetic acid on nutritional and physiological responses in male broiler chickens. **British Poultry Science**, 58(1), 87–94. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1257779>. Acesso em: 21 jun. 2025.

LIMA, M. R.; SILVA, J. H. V. Efeito da relação lisina: arginina digestível sobre o desempenho de poedeiras comerciais no período de postura. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.1, n.4, p.118-124, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/view/519/243>. Acesso em: 13 jul. 2025.

LEHNINGER, A. L. et al. **Princípios de bioquímica**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

MARTINS, A. D. F.; ASSUNÇÃO, T. S. Proteína ideal na alimentação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 20, n. 1, p. 101–108, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/gYwnNMRBmFvc7JGkMPJ74TJ>. Acesso em: 26 mai. 2025.

MIAO, Z. et al. Arginine nutrition in poultry: physiological roles and nutritional implications. *World's Poultry Science Journal*, v. 73, n. 4, p. 719–728, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0043933917000666>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MONTAÑEZ, R. et al. In silico analysis of arginine catabolism as a source of nitric oxide or polyamines in endothelial cells. *Amino Acids* 34, 223–229. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-007-0502-7>. Acesso em: 12 abr. 2025.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL—NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, D.C.: National Academies Press, 1994. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/2114/nutrient-requirements-of-poultry-ninth-revised-edition-1994>. Acesso em: 27 jun. 2025.

RODWELL, V. W. **Bioquímica ilustrada de Harper**. Porto Alegre, RS, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://dmapk.com.br/wp-content/uploads/2025/02/Bioquimica-Ilustrada-de-Harper-30a-ed.pdf>. Acesso em 18 jul. 2025.

ROSS BROILER. **Manual de manejo. Aviagen**, 2022. Disponível em: https://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Manual-PT.pdf. Acesso em: 01 jul. 2025.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2024.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2007.

SCOTTÁ, B. et al. Uso de aminoácidos industriais na nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 15, n. 3, p. 565–576, 2014. Disponível em: <https://rbspa.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1960>. Acesso em: 10 mai. 2025.

SILVA, E. P.; COSTA, F. G. P. Relação arginina:lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 896–903, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/dQLkzvQdfYgqYkXYm3K8KbL>. Acesso em: 17 mai. 2025.

SIRATHONPONG, O. et al. Determination of the optimum arginine:lysine ratio in broiler diets. **Animal Prod. Sci.** 59 (9), 1705–1710. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/an18049>. Acesso em: 17 mai. 2025.

TAMIR, H.; RATNER, S. Enzymes of arginine metabolism in chicks. **Journal of Biological Chemistry**, v. 238, p. 2616–2620, 1963. Disponível em: [https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(19\)88144-3/fulltext](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(19)88144-3/fulltext). Acesso em: 16 jul. 2025.

WU, G. et al. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. **Amino Acids**, v. 37, p. 153–168, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ZHANG, Y. et al. Dietary arginine supplementation enhances antioxidant status and improves meat quality in broiler chickens. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, p. 1–9, 2018. Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-018-0255-5>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ZAMPIGA, M. et al. Effect of dietary arginine to lysine ratios on productive performance, meat quality, plasma and muscle metabolomics profile in fast-growing broiler chickens. **J. animal Sci. Biotechnol.** 9, 79–14. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0294-5>. Acesso em: 20 abr. 2025.