

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA REDUÇÃO DOS NÍVEIS
PROTÉICOS DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE
INICIAL

Autor: Iván Camilo Ospina Rojas
Orientador: Prof.^a Dr.^a Alice Eiko Murakami

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA REDUÇÃO DOS NÍVEIS
PROTÉICOS DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE NA FASE
INICIAL

Autor: Iván Camilo Ospina Rojas
Orientador: Prof.^a Dr.^a Alice Eiko Murakami

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal

MARINGÁ
Estado do Paraná

Fevereiro – 2012

“Só há duas maneiras de viver a vida: a primeira é vivê-la como se os milagres não existissem. A segunda é vivê-la como se tudo fosse milagre”

Albert Einstein

A minha mãe,

Gloria Rojas Guzmán

A quem amo e admiro. Pelo amor incondicional, incentivo, apoio nas horas difíceis e por suas orações.

Ao meu Pai,

Gabriel Arcangel Ospina Quintero (in memorian)

A quem amo, admiro e devo boa parte de minha formação pessoal e profissional. O maior homem que já conheci, e o melhor pai que alguém pode ter. Por exemplo de honestidade, integridade e dignidade.

Com todo meu amor muito obrigado.

DEDICO..

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, minha gratidão por tudo quanto tenho recebido da sua infinita bondade e, o que terei de receber, por ter me conduzido nesta jornada e me dado forças para vencer as dificuldades e obstáculos.

Aos meus pais, Gabriel Arcangel Ospina Quintero e Gloria Rojas Guzmán, por serem a base da minha vida e, terem me ensinado que os objetivos se alcançam com esforço e perseverança, obrigado por terem me educado e amado da melhor forma que podiam.

Aos meus irmãos, Daniela, Juan e Fabian, obrigado pelo incentivo, apoio, amizade e pelos momentos que passamos juntos.

A Prof^a Dr^a Alice Eiko Murakami, pela oportunidade da realização do mestrado, confiança, dedicada orientação, incentivo, ensinamentos, pela amizade e conselhos sinceros. Essas palavras são poucas para expressar toda minha gratidão.

Ao professor, Ricardo Vianna Nunes, pela orientação, amizade e incentivo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da UEM, em especial, Ivan Moreira, Elias Nunes Martins, Simara Marcato, Ivanor Nunes do Prado, Paulo Cesar Pozza e Antônio Cláudio Furlan, pelos ensinamentos e fundamental contribuição na realização deste trabalho.

À Universidade Estadual de Maringá, por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho e, disponibilizarem ensino gratuito e de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas e amigos de trabalho, Cinthia Eyng, Fernando José Urgnani, Karla Picoli, Cristiane R A Duarte, Ana Flávia Garcia, Guilherme R. do Nascimento, Jamile Fanhani, Maíra Mangili Puzotti, Mariana Zanon, Bianca Simões Mascarin, Camila Blasques, Mayra Diaz Vargas, Caio Leonardo Vitaliano, pela amizade, apoio e companheirismo no decorrer dos experimentos. E não poderia deixar de agradecer àqueles que não estão

mais no grupo, mas que me auxiliaram em muitos momentos na execução dos trabalhos, em especial à Alexandra Potença, Rafael Guerra e Karla Marielli.

Aos todos os funcionários da FEI (Fazenda Experimental Iguatemi – UEM), em especial a Toninho Silverio Sobrinho, pela constante ajuda nos trabalhos a campo.

Aos funcionários do LANA (Laboratório de Nutrição Animal - UEM), Cleuza Volpato, Creuza Azevedo e Augusto, pelo auxílio na realização das análises.

A Rose Mary Pepinelli e Denílson dos Santos Vicentin, secretários do Programa de Pósgraduação em Zootecnia, sempre prestativos, obrigado pela ajuda, paciência e amizade, ainda teremos alguns declarações por fazer.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

IVÁN CAMILO OSPINA ROJAS, filho de Gabriel Arcangel Ospina Quintero e Gloria Rojas Guzmán, nasceu em Ibagué-Tolima, Colombia, no dia 03 de agosto, de 1987.

Curso o ensino Médio no Colégio Franciscano Jimenez de Cisneros — Ibagué/Tolima, concluindo-o no ano de 2004.

Em Fevereiro de 2005, iniciou no curso de Graduação em Veterina e Zootecnia na Universidad del Tolima, concluindo-o no ano de 2010.

Em março de 2010, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Estadual de Maringá, concentrando seus estudos na área de Produção Animal, Nutrição de Monogástricos.

No dia 13 de março de 2011, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
I - INTRODUÇÃO	1
1.1. A glicina e sua importância no metabolismo animal.....	2
1.2. Síntese de glicina a partir da serina e a treonina.....	4
1.3. Síntese de ácido úrico nas aves.....	6
1.4. Participação da glicina na síntese da creatina.....	9
1.5. Redução da proteína bruta em dietas para frangos de corte.....	12
1.6. Relação entre AAE e AANE para frangos de corte.....	15
1.7. Referências bibliográficas.....	18
II – OBJETIVOS GERAIS.....	24
III – Suplementação de aminoácidos sintéticos em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte com diferentes relações de glicina+serina:lisina digestíveis.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	27
Introdução	28
Material e métodos.....	30
Resultados e discussão	33
Conclusão.....	42
Referências bibliográficas.....	43

IV - Exigência de glicina+serina digestível em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte na fase inicial: efeito do excesso de treonina.....	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
Introdução	50
Material e métodos.....	52
Resultados e discussão	57
Conclusão.....	67
Referências bibliográficas.....	68
V - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Suplementação de aminoácidos sintéticos em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte com diferentes relações de glicina+serina:lisina digestíveis	25
Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais (1 a 21dias)...	31
Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig durante a fase de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade	34
Tabela 3. Níveis séricos de ácido úrico, uréia, proteínas totais (PT) e albumina de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 dias de idade	36
Tabela 4. Emissão de amônia, umidade e teor de nitrogênio da cama de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 dias de idade	38
Tabela 5. Comprimento de penas (cm) do Dorso e Coxa de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 e 28 dias de idade	40
Tabela 6. Escore de empenamento de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 e 28 dias de idade	40
Tabela 7. Desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig na fase inicial (1-21 dias)	41
Tabela 8. Rendimento de carcaça, gordura abdominal e cortes de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig na fase inicial (1-21 dias)	41

IV - Exigência de glicina+serina digestível em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte na fase inicial: efeito do excesso de treonina 48

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais (1 a 21 dias) ...53

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr digestível durante a fase de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade 57

Tabela 3. Peso relativo do peito, creatina (Cre) no peito e níveis séricos de creatinina (Cret), ácido úrico (SUA) e amônia (SA) de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade... 62

Tabela 4. Comprimento do intestino delgado e peso relativo de órgãos de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade 65

Tabela 5. Desempenho, rendimento de carcaça, gordura abdominal (GA) e cortes de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+SerLys dig na fase inicial (1-21 dias) 65

Tabela 6. Custo médio em ração por kg de frango vivo, índice médio de custo e índice de eficiência econômica de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade 66

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
I - INTRODUÇÃO	1
Figura 1. Participação da glicina na biossíntese da porfirina	3
Figura 2. Conversão endógena da serina em glicina	4
Figura 3. Representação esquemática do catabolismo da treonina	5
Figura 4. Precursores metabólicos que participam na síntese de ácido úrico	7
Figura 5. Desaminação de aminoácidos e formação de ácido úrico no fígado de aves....	8
Figura 6. Biossíntese da creatina	9
Figura 7. Síntese de ATP a partir da fosfocreatina	10
Figura 8. Principais vias metabólicas da creatina nas aves	11
IV - Exigência de glicina+serina digestível em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte na fase inicial: efeito do excesso de treonina	48
Figura 1. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre o ganho de peso de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase pré-inicial	59
Figura 2. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre a conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase pré-inicial....	60
Figura 3. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre a conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase inicial	61
Figura 4. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre o conteúdo de creatina nos músculos peitorais de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig aos 21 dias de idade	63

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a suplementação de aminoácidos (AA) sintéticos, com diferentes relações de glicina+serina:lisina (Gly+Ser:Lys) digestível (dig), compreender as relações entre a glicina (Gly) e treonina (Thr) dig, determinar as exigências de Gly+Ser dig e formular estratégias nutricionais que evitem a queda no desempenho, em dietas com redução dos níveis protéicos para frangos de corte na fase inicial (1 – 21 dias de idade). Desta forma, dois experimentos foram conduzidos utilizando dietas baixas em PB, a base de milho e farejo de soja e aves da linhagem comercial Cobb–Vantress®. No primeiro experimento, foram utilizados 1.050 pintos de corte machos de um dia de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e 35 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de: T1- dieta controle a base de milho e farelo de soja formulada com 22% de PB (Gly+Ser:Lys de 147%); T2 - redução de dois pontos percentuais (p.p) da PB, suplementada com valina (Val) (Gly+Ser:Lys de 137%); T3 - semelhante ao T2, porém adicionou-se Gly (Gly+Ser:Lys de 147%); T4 – redução de três p.p da PB, suplementada com Val, isoleucina (Ile) e arginina (Arg) (Gly+Ser:Lys de 127%); T5 e T6 – semelhantes ao T4, no entanto, a Gly foi adicionada (Gly+Ser:Lys de 137 e 147%, respectivamente). Aos 7 e 21 dias, dietas com redução de três p.p da PB (19%) e uma relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) resultaram em aves com pior ($P < 0,05$) conversão alimentar e menor ($P < 0,05$) concentração sérica de proteínas totais e albumina que as aves que receberam a ração controle. O aumento da relação de Gly+Ser:Lys dig de 127 para 137 e 147%, permitiu melhorar ($P < 0,05$) a conversão alimentar e os níveis séricos de proteínas totais e albumina na mesma magnitude que as aves alimentadas com a dieta controle. Dietas com redução de três p.p

da PB (19%) (T4, T5 e T6) resultaram em cama com menor ($P < 0,05$) teor de nitrogênio e emissão de amônia que a cama das aves que receberam a dieta controle. Os tratamentos não influenciaram no comprimento das penas e no escore de empenamento ($P > 0,05$) aos 21 e 28 dias de idade. A suplementação de AA essenciais (AAE), mantendo relações de Gly+Ser:Lys dig não inferiores de 137%, permite reduzir a PB da dieta em três p.p sem comprometer o desempenho, empenamento nem os parâmetros séricos de frangos de corte na fase inicial, e ainda promove a redução da excreção do nitrogênio e emissão de amônia da cama. No segundo experimento, foram utilizados 1.088 pintos de corte machos de um dia de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x2, totalizando oito tratamentos, com quatro repetições e 34 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de Gly+Ser dig (1,67; 1,81; 1,95 e 2,09%) e dois níveis de Thr dig (0,83 e 0,96%), correspondentes ao 100 e 115% das exigências de Thr, respectivamente. Aos 21 dias, foi observado interação ($P < 0,02$) entre os níveis Gly+Ser e Thr dig nas aves alimentadas com baixa PB para a conversão alimentar. Aves alimentadas com 1,67% de Gly+Ser dig e 0,96% de Thr tiveram conversão alimentar semelhante que aquelas alimentadas com 1,81; 1,95 e 2,09% de Gly+Ser dig contendo 0,83% de Thr. Houve um efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de Gly+Ser dig dentro as dietas com 0,83% de Thr para a conversão alimentar e conteúdo de creatina nos músculos peitorais, sendo estimada uma exigência de 1,91 e 1,94% de Gly+Ser dig, respectivamente. Entretanto, a adição de Gly dig piorou a conversão alimentar linearmente ($P < 0,01$) nas dietas com 0,96% de Thr. As exigências de Gly+Ser dig em dietas baixas em PB parecem ser maiores às exigências em dietas com PB normal. Dietas com baixos níveis de Gly+Ser dig (1,67%) em combinação com altos níveis de Thr dig (0,96%) resultaram em semelhante custo em ração para produzir um kilo de frango vivo às dietas contendo 1,67, 1,81 e 1,95% de Gly+Ser dig e 0,83% de Thr. Um excesso de Thr pode evitar a queda do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e deficientes em Gly, no entanto, a utilização dessa estratégia dependera do retorno econômico, ligado ao valor comercial destes dois aminoácidos (AA) na forma sintética.

Palavras-chave: aminoácidos, desempenho, glicina, nitrogênio, treonina

ABSTRACT

The present work was carried out to study the effect the supplementation of synthetic amino acids (AA) with different digestible (dig) glycine+serine:lysine (Gly+Ser:Lys) ratios, to understand the relationships between glycine (Gly) and threonine (Thr), to determine the dig Gly+Ser requirement and to formulate nutritional strategies to prevent the drop in performance to the low crude protein diets in starter broilers (1 – 21 days of age). Thus, two experiments were conducted using corn and soybean meal diets and Cobb broilers. In first study a total of 1,050 one-day-old male broilers were distributed in a completely randomized experimental design into six treatments with five replicates of 35 birds each. Dietary treatments consisted: T1 - corn-soybean meal based diet formulated with 22% CP (Gly + Ser:Lys ratio of 147); T2 - reduced in CP by two percentage points (p.p) supplemented with valine (Val) (Gly + Ser:Lys ratio of 137); T3 - T2 plus Gly (Gly + Ser:Lys ratio of 147); T4 - reduced in CP by three p.p supplemented with Val, isoleucine (Ile) and arginine (Arg) (Gly + Ser:Lys ratio of 127); T5 and T6 - T4 plus Gly (Gly + Ser:Lys ratio of 137 and 147, respectively). At days 7 and 21, diets three p.p lower in dietary CP (19%) with Gly + Ser:Lys ratio of 127% resulted in chicks with worse ($P < 0.05$) feed conversion and lower ($P < 0.05$) serum total protein and albumin than the control diet. However this negative effect could be overcome completely with an increase in the dig Gly + Ser:Lys ratio of 127 to 137 and 147%. Diets three p.p lower in dietary CP (19%) (T4, T5 e T6) resulted in chicks with lower ($P < 0,05$) nitrogen contents and ammonia emission in litter than the control diet. At days 21 and 28, feather lengths and scores were unaffected ($P > 0,05$) by dietary treatments. Supplementation of essential AA, maintaining a Gly + Ser:Lys ratio not

lower than 137% promotes the reduction of CP by three p.p with no changes in chicken performance, feather growth and serum parameters of broilers in the initial phase, while promotes the reduction of nitrogen excretion and ammonia emissions from litter. In the second a total of 1.088 one-day-old male chicks were assigned to eight treatments with four replicates of 34 birds each. The experiment was a 4×2 factorial arrangement, with four dietary levels of dig Gly+Ser (1.67; 1.81; 1.95 and 2.09%) and two dietary levels of dig Thr (0.83 and 0.96%), corresponding to 100 and 115% of the Thr requirement. At day 21, interaction ($P < 0.02$) was observed for feed:gain ratio. Feed:gain ratio of chicks fed with 1.67% dig Gly+Ser and 0.96% Thr was equal to that of birds fed with 1.81; 1.95 and 2.09% dig Gly+Ser containing 0.83% of Thr. A quadratic effect ($P < 0.01$) of Gly+Ser levels in diets containing 0.83% digestible Thr was observed on feed:gain ratio and pectoral muscle creatine content. The dietary Gly+Ser level necessary to these parameters was estimated to be at 1.91 and 1.94%, respectively. However, Gly addition increased feed:gain ratio linearly ($P < 0,01$) in low CP containing 0.96% Thr. These results suggest that requirements for Gly+Ser are inadequate in diets with low CP. Diets with low levels of dig Gly+Ser (1.67%) in combination with high levels of dig Thr (0.96%) resulted in similar feed cost per kilogram of live weight than the diets containing 1.67, 1.81 and 1.95 of dig Gly+Ser and 0.83% of Thr. Moderate excess of Thr may become a significant source of Gly in deficient dietary levels of Gly, however, the use of this strategy would depend of the economic return associated with the price of these two AA in synthetic form.

Key-words: amino acids, glycine, nitrogen, performance, threonine

I - INTRODUÇÃO

Não obstante, o milho e o farelo de soja sejam ingredientes excelentes, estes não fornecem um equilíbrio exato de todos os aminoácidos (AA) para atender as exigências absolutas (sem deficiência ou excesso) de AA nas aves, visto que são alimentos que contêm quantidades excessivas de leucina (Leu) e fenilalanina+tirosina (Phe+Tyr), mas ao mesmo tempo são deficientes em lisina (Lys) e metionina (Met). Desta forma, rações formuladas a base de milho e farelo de soja, atendendo apenas as exigências dos primeiros AA limitantes, resultaria em dietas com níveis excessivos de outros AA e teores protéicos acima dos requerimentos.

O excesso de AA não podem ser armazenados, sendo respectivamente degradados e desaminadas. Após desaminação o excesso de nitrogênio é eliminado como ácido úrico nas aves, com alto gasto de energia metabólica.

A suplementação das dietas com AA sintéticos é uma estratégia prática e econômica para reduzir o excesso de AA e, conseqüentemente, possibilita a diminuição a PB da ração. Conforme Payne (2007) a disponibilidade comercial da Met e sua adição na formulação de dietas para frangos de corte favoreceram a redução do teor de proteína de 34 a 22%.

Industrialmente, a glicina (Gly) é fabricada pelo tratamento do ácido formaldeído ou monocloroacético com amônia (Ling & Nanji, 1922). Em relação com os outros AA sintéticos a disponibilidade da Gly na indústria é relativamente nova, e os resultados sobre suas exigências para frangos de corte são controversos, principalmente em dietas baixas em PB, onde é possível que a exigência de glicina+serina (Gly+Ser) seja maior (Waterhouse & Scott, 1961; Dean et al., 2006).

Dentre os alimentos vegetais, a utilização do farelo de soja na formulação de dietas para frangos de corte disponibiliza níveis maiores de Gly+Ser em comparação com os outros ingredientes usualmente utilizados como, por exemplo, o milho. Segundo Rostagno et al. (2011) o teor de Gly+Ser dig para aves do milho e farelo de soja é de 0,64% e 3,97%, respectivamente. Cabe ressaltar que o aporte do farelo de soja de Gly+Ser é mínimo quando comparado com os subprodutos de origem animal. Por conseguinte, dietas com baixo teor de PB que envolve menor inclusão de fontes de proteína intacta (farelo de soja) e a base exclusiva de alimentos vegetais, disponibilizam quantidades de Gly em níveis inferiores às exigências das aves (Corzo et al., 2004a).

Pesquisas prévias indicam que a exigência de Gly+Ser é maior em aves jovens do que em adultas (Almquist & Grau, 1944, Douglas et al., 1958, Waterhouse & Scott, 1961; Coon et al., 1974; Ngo & Coon, 1976).

Nas fases iniciais, as aves possuem maior *turnover* protéico, onde a taxa anabólica é maior que a taxa catabólica, portanto, há crescimento do tecido muscular (Kang et al., 1985). Conforme Rostagno et al. (2003) consequente a este maior *turnover* protéico nas aves jovens a exigência de Gly é maior nas fases iniciais. Além disso, as rações para aves no período inicial são formuladas com maior teor de proteína que as fases subsequentes, assim maior quantidade de nitrogênio é excretado, isso significa que a exigência de Gly aumenta nas aves jovens, ao considerar que a Gly compõe a molécula de ácido úrico (Sonne et al., 1946).

1.1 A glicina e sua importância no metabolismo animal

A Gly é um AA apolar, descoberto em 1820, pelo químico Henri Braconnot ao ferver gelatina com ácido sulfúrico (Plimmer & Hopkins, 1912).

Os AA são substâncias orgânicas que têm ligado ao carbono alfa de suas moléculas um grupo amina, um grupo carboxila, um hidrogênio e um radical "R", que varia entre eles. A assimetria do carbono alfa dos AA faz com que eles possam ter a configuração D ou L (Penz Jr, 1994). Contudo, a Gly é o único AA que apresenta apenas a configuração L, visto que, em sua estrutura apresenta dois átomos de hidrogênio ligados ao carbono alfa, portanto, não existe carbono assimétrico. Cabe ressaltar que exclusivamente os AA L-isômeros fazem parte da estrutura das proteínas dos animais (Haack, 1997).

A Gly tem sido considerada tradicionalmente como um AA não essencial (AANE) ou semi-essencial na dieta de monogástricos por autores de livros e artigos de nutrição animal clássica (Stucki & Harper 1961; Graber & Baker, 1973; Deschepper & DeGroot, 1995; Alleman et al., 2000; Leeson & Summers, 2001; Payne, 2007). No entanto, atualmente a Gly é reconhecida como um AAE em aves na fase de crescimento, sendo que, sua deficiência pode ser um fator limitante do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB (Jiang et al., 2005).

A Gly está relacionada com múltiplas funções metabólicas, é utilizada na síntese da porfirina dentro da molécula de hemoglobina e, forma as posições 4, 5 e 6 da base do esqueleto das purinas (Leeson & Summers, 2001). É precursora da creatina, glutaniona, serina (Ser) e dos ácidos biliares (Kidd & Kerr, 1996; Murray et al., 2003). Além disso, é essencial para a síntese de ácido úrico (Stevens, 1996) e do colágeno (Gregg & Rogers, 1986).

A síntese de colágeno e porfirinas constituem dois dos compostos com maior demanda metabólica de Gly, uma vez que, na síntese de cada grupo heme são consumidas oito moléculas do AA (Meléndez-Hevia, 2009) (Figura 1). Do mesmo modo, a Gly compõe um terço da estrutura do colágeno (Gregg & Rogers, 1986), a proteína mais abundante nos animais, representando 30% de todas as proteínas corporais (Bilgen et al., 1999). Assim, a Gly é um AA com alta demanda metabólica por ser precursor de numerosos componentes biológicos essenciais, desta forma, sua alta exigência excede sua respectiva síntese endógena (Gibson et al. 2002).

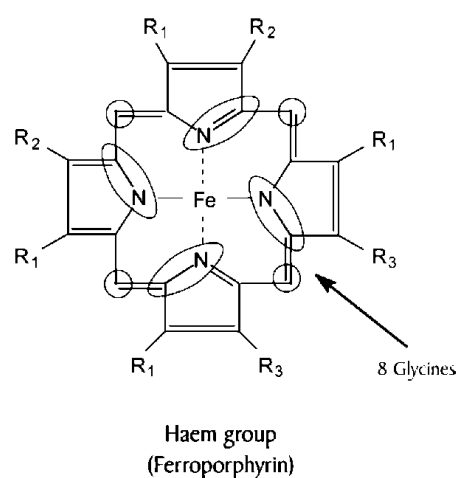


Figura 1. Participação da glicina na biossíntese da porfirina. Oito moléculas de glicina (círculos) são consumidas na síntese de cada grupo heme ou qualquer outra porfirina. Adaptado de Meléndez-Hevia (2009).

1.2 Síntese de glicina a partir da serina e a treonina

A Gly pode ser sintetizada a partir da Ser numa reação catalisada por a enzima Gly hidroximetil-transferase (GHMT), processo no qual ocorre a transferência de um átomo de carbono primário (C_1) da Ser para o tetrahydrofolato (THF), originando THF- C_1 e Gly. Posteriormente, o C_1 deve ser liberado do THF- C_1 , para o THF ser re-utilizado novamente na reação (Meléndez-Hevia, 2009) (Figura 2).

A transferência do C_1 deve estar em sincronia no processo, uma vez que tem sido reportada a incapacidade da mitocôndria para sintetizar Gly pela não liberação do C_1 do THF- C_1 , apesar da presença da enzima GHMT no citoplasma (Meléndez-Hevia, 2008).

A clivagem da Gly pode formar o THF- C_1 liberando amônia e CO_2 , sendo este utilizado no fígado de vertebrados para re-sintetizar a Gly numa reação catalisada pela enzima Gly sintase (Nelson & Cox, 2000).

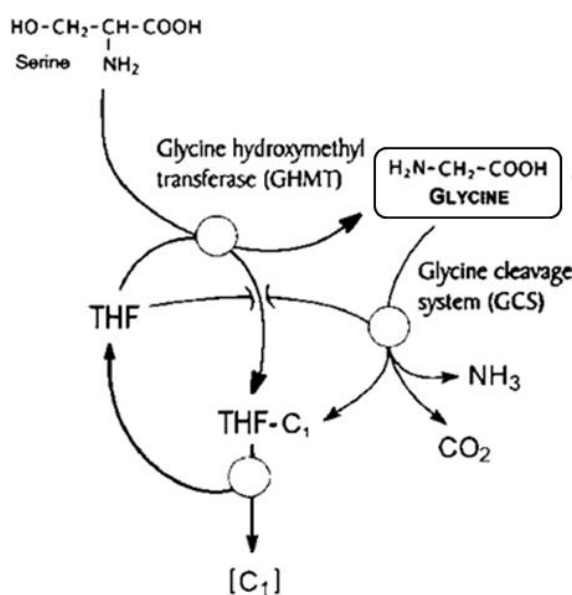


Figura 2. Conversão endógena da serina em glicina
Adaptado de Meléndez-Hevia (2009).

Rabbani et al. (1962) encontraram que dietas suplementadas com quantidades equimolares de Ser resultaram em aves com crescimento semelhante aos pintos que receberam a suplementação de Gly dietética. No entanto, quando a dieta foi deficiente em ácido fólico, a suplementação de Ser foi ineficaz em manter o desempenho na mesma proporção às aves que receberam as dietas suplementadas com Gly.

O ácido fólico, vitamina hidrossolúvel pertencente ao complexo B, é necessário para a síntese de THF. De acordo com McDowell (2000), a deficiência de ácido fólico pode resultar em baixos níveis de THF nas células animais. O THF atua como um transportador intermediário de unidades simples de carbono no metabolismo de AA, principalmente na síntese de Gly e Ser (Dove & Cook, 2001).

Do mesmo modo, Rabbani et al. (1962) e posteriormente Featherstone (1979), encontraram que dietas deficientes em ácido fólico comprometem a função da enzima GHMT no fígado de aves.

Existem outras vias metabólicas que também podem favorecer à síntese de Gly, uma destas vias envolve a degradação da Thr pelas enzimas Thr Aldolase e Thr desidrogenase (Corzo et al., 2009) (Figura 3). A Thr desidrogenase está localizada na matriz mitocondrial, a enzima forma um complexo solúvel com o 2-amino-3-oxibutirato CoA-ligase, catalisando a conversão do 2-amino-3-oxibutirato em acetil-CoA e Gly. Contudo, quando na reação não se encontra disponível o co-fator CoA, é gerado aminoacetona, com produto alternativo (Davis & Austic, 1997).

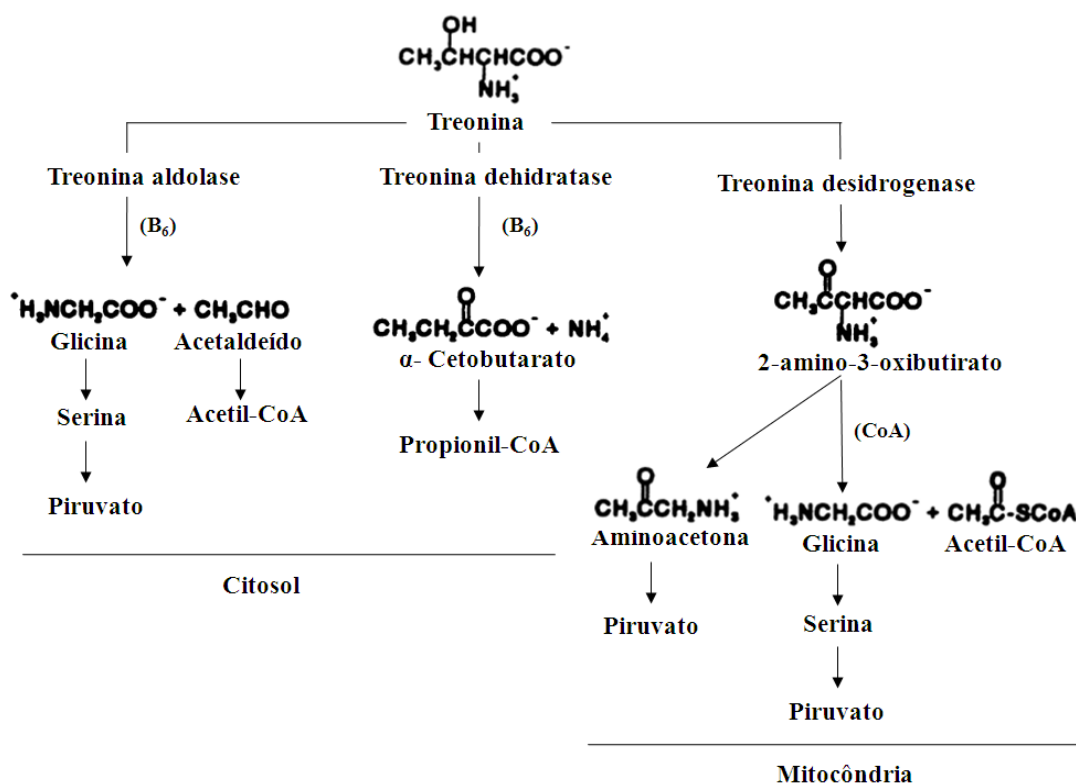


Figura 3. Representação esquemática do catabolismo da treonina. Co-fatores: piridoxal (B_6); nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD); coenzima A (CoA). Adaptado de Davis & Austic (1994).

Nesse sentido, Davis & Austic (1994) encontraram de cinco a sete vezes mais síntese de Gly que formação de aminoacetona na mitocôndria de células hepáticas em aves alimentadas com dietas contendo desequilíbrio entre os AA, quando o acetil-CoA encontrava-se disponível.

Igualmente, a Thr é degradada a Gly e acetaldeído pela Thr aldolase, enzima citosólica que utiliza o fosfato de piridoxal como co-fator. A Thr aldolase é a mesma enzima GHMT, que catalisa a interconversão entre a Gly e Ser (Kidd & Kerr, 1996).

Aves alimentadas com dietas deficientes em Thr e suplementadas com outros AAE (desbalanço da Thr dietética) apresentaram aumento na atividade da enzima Thr desidrogenase (Yuan et al., 2000), bem como uma marcada acumulação de Gly na mitocôndria das células hepáticas (Davis & Austic, 1994). Estas respostas podem ser devidas à importância metabólica que desenvolve a Gly para favorecer a excreção do excesso de nitrogênio em dietas com desbalanço aminoacídico (Davis & Austic, 1994; Yuan et al., 2000).

Dietas com altos níveis protéicos resultaram em aumento na atividade da Thr desidrogenase nos hepatócitos de aves e ratos (Yuan & Austic, 2001; Lee et al. (2011) e, conseqüentemente, o aumento do catabolismo da Thr em Gly.

Em suma, vários ensaios de crescimento confirmaram que existe, pelo menos, uma mínima síntese de Gly proveniente da Thr dietética nas aves (Baker & Sugahara, 1970; Baker et al., 1972; Corzo et al., 2009).

1.3 Síntese de ácido úrico nas aves

Nas aves, o ácido úrico é o produto final do metabolismo das purinas (adenina e guanina) e do catabolismo protéico. Os precursores necessários para a biossíntese de ácido úrico são os mesmos utilizados na síntese geral de purinas tanto em aves como em mamíferos, sendo estes Gly, glutamina (Gln), aspartato (Asp), o formil-tetrahidrofolato (THFA) e dióxido de carbono (CO₂) (Steven, 1994).

Na síntese da estrutura do ácido úrico, a Gly fornece os carbonos 4 e 5 e o nitrogênio 7, a Gln o nitrogênio 3 e 9, o Asp proporciona o nitrogênio 1, o THFA os átomos de carbono 2 e 8, enquanto que o CO₂ provê o carbono 6 (Leeson & Summers, 2001) (Figura 4). Conforme Mapes & Krebs (1978) a conversão de quatro moléculas de

amônia em ácido úrico requer uma molécula de Gly, dois de Gln, uma de Asp e dois de THFA.

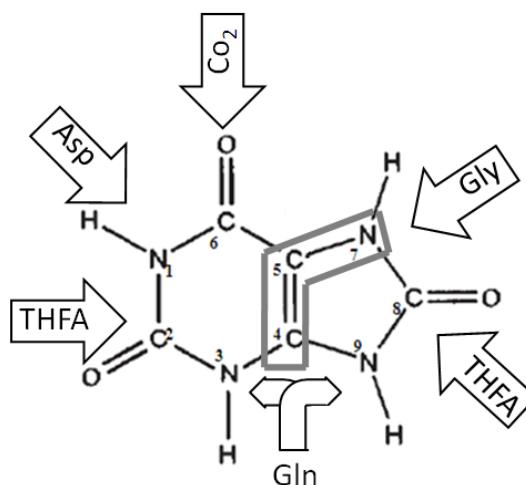


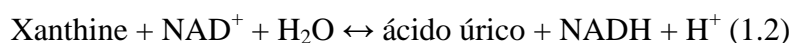
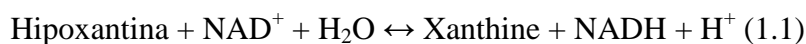
Figura 4. Precursores metabólicos que participam na síntese de ácido úrico
Adaptado de Leeson & Summers (2001).

A Gln e Asp são dois AA não essenciais (AANE) que podem ser sintetizados mediante transaminação de outros AA. Os processos de transaminação são reações que ocorrem entre um AA qualquer que reage com o α -cetoglutarato, onde há troca de grupamentos químicos. Nestas reações o grupo amina entra no grupamento cetônico e vice-versa, produzindo um α -cetoácido mais glutamato.

A amônia livre, proveniente da desaminação dos AA, é combinada enzimaticamente com o glutamato para sintetizar Gln por meio da ação da Gln sintetase. A Gln é uma forma não tóxica de transporte de amônia na corrente sanguínea (Nelson e Cox, 2000).

A via metabólica utilizada para a síntese de ácido úrico compartilha várias etapas e enzimas necessárias para a síntese das purinas, diferindo apenas nas reações que envolvem a conversão do monofosfato de inosina (IMP) a hipoxantina, posteriormente para xantina e ácido úrico (Steven, 1994).

As etapas de oxidação da hipoxantina a xantina e, finalmente a ácido úrico são catalisadas por uma única enzima, sendo a xantina desidrogenase nas aves e xantina oxidase nos mamíferos (Corte & Stirpe, 1969) (1.1 e 1.2).



O gasto de energético utilizado na síntese de ácido úrico pelas aves depende de como o fosforibosil pirofosfato (PRPP) é sintetizado. O PRPP é necessário para a biossíntese da inosina no ciclo do ácido úrico, posteriormente, o PRPP reage com a Gln para formar a fosforibosilamina (Steven, 1996) (Figura 5). Quando o PRPP é produzido a partir da ribose (1.3 e 1.4), o gasto energético total na síntese de ácido úrico é de 4,5 ATPs/ átomo de nitrogênio excretado, mas se o PRPP é sintetizado a partir do IMP por pirofosforilases (1.5) são requeridas 3,75 ATPs/átomo de nitrogênio. Encontre-se com a ureia que demanda de apenas 2 moléculas de ATP/mol de nitrogênio excretado (Mapes & Krebs, 1978).

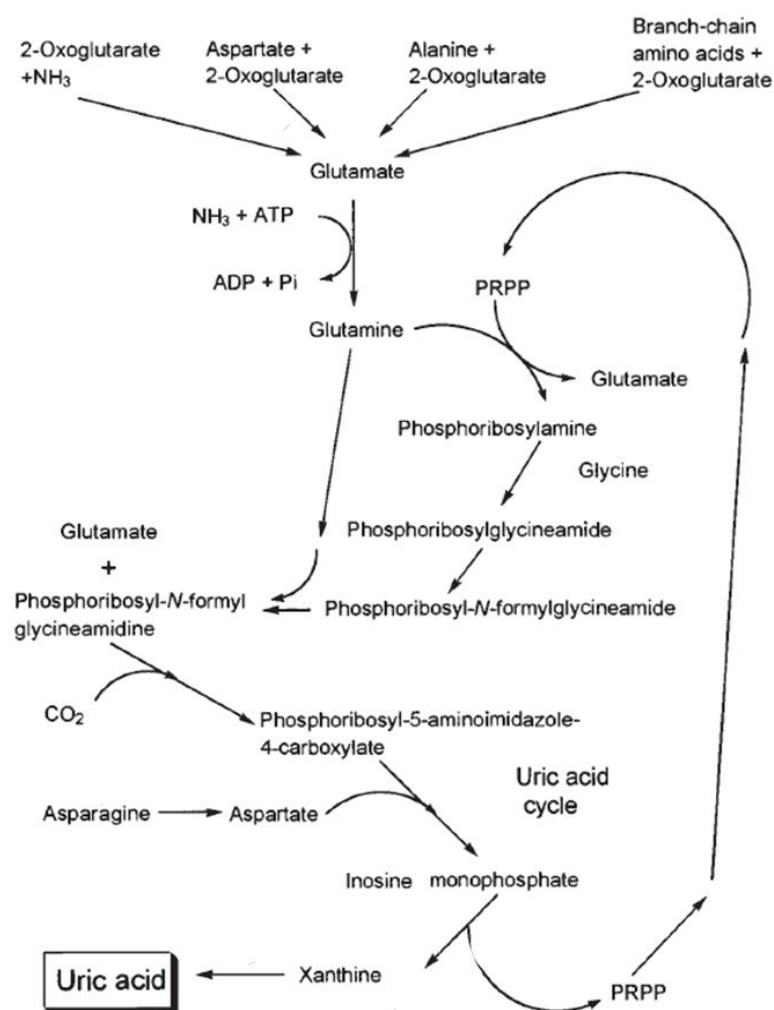
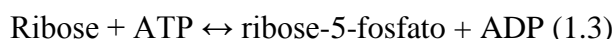


Figura 5. Desaminação de aminoácidos e formação de ácido úrico no fígado de aves. Adaptado de Stevens (1996).

Os túbulos renais das aves secretam o ácido úrico na urina, removendo este composto orgânico do sangue, sendo posteriormente excretado nas excretas (Leeson & Summers, 2001). O ácido úrico é pouco solúvel em água, portanto, pode ser excretado como uma pasta semi-sólida com mínima perda de água (Tsahar et al., 2005).

1.4 Participação da glicina na síntese da creatina

A creatina ou ácido α -metilguanidinoacético é um composto aminoacídico presente principalmente nas fibras musculares esqueléticas, agindo como uma fonte de energia rápida e temporal através da produção de ATP na ausência de oxigênio (Snow & Murphy, 2001).

A creatina é sintetizada endogenamente mediante a Gly e Arg, o processo envolve em primeiro lugar, a transferência reversível do grupo amidino da Arg para a Gly, formando ornitina e ácido guanidinoacético (GAA) através da ação da enzima Gly amidinotransferase (AGAT) (1), em seguida, ocorre a transferência irreversível, de um grupo metila da Met através da S-adenosilmetionina (AdoMet) para o GAA, reação catalisada pela enzima guanidinoacetato N-metiltransferase (GAMT), sintetizando finalmente S-adenosil-homocisteína (AdoHcy) e creatina (2) (Walker, 1960) (Figura 6).

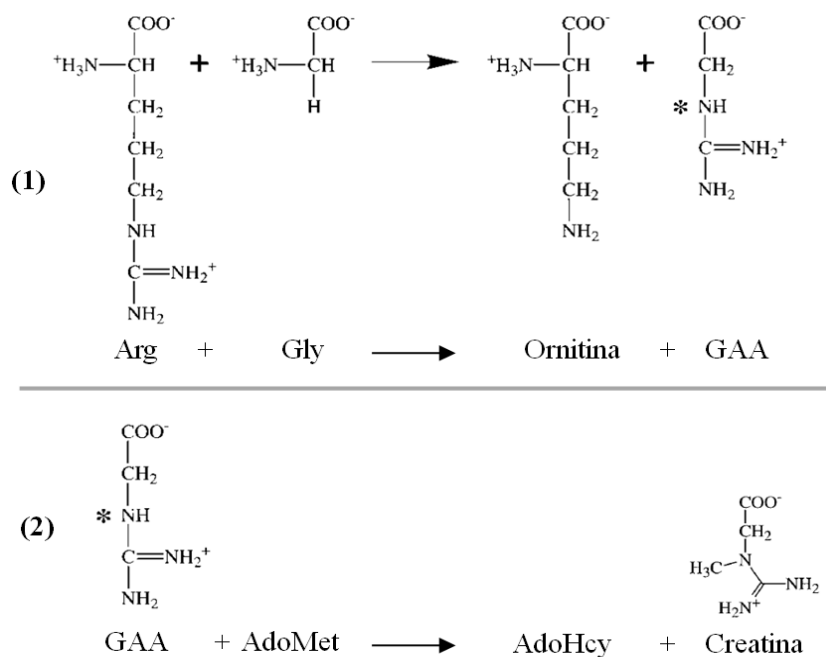


Figura 6. Biossíntese da creatina. *Atomo de nitrogênio pelo qual um grupo metil da AdoMet é transferido pela enzima GAMT para sintetizar creatina.

Adaptado de Wyss & Kaddurah-Daouk (2000).

A creatina é liberada pelo fígado e captada, principalmente, pelo tecido muscular, onde é fosforilada pela enzima creatina quinase (CK) para assim, ser estocada na forma de fosfocreatina.

A fosfocreatina constitui uma importante reserva de energia no músculo esquelético e impede o esgotamento do ATP celular, uma vez que é uma fonte rápida e disponível de fosfatos de alta energia, sendo usada para regenerar a molécula de ATP a partir do ADP (Murray et al., 2003) (Figura 7). Finalmente, a degradação da fosfocreatina gera a creatinina, a qual é excretada pelos rins.

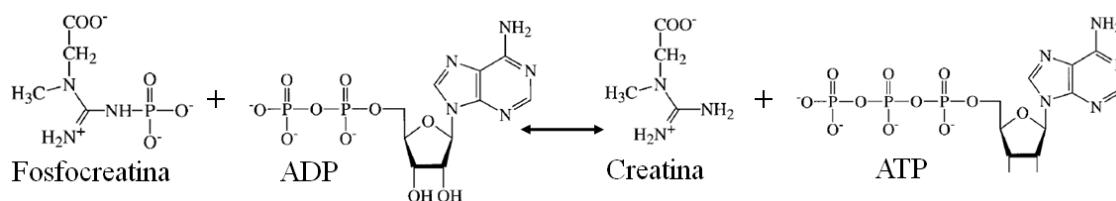


Figura 7. Síntese de ATP a partir da fosfocreatina

Adaptado de Wyss & Kaddurah-Daouk (2000).

Em mamíferos, a formação do GAA mediante a enzima AGAT ocorre nos rins e, portanto, o ácido deve ser transportado pela corrente sanguínea para o fígado, onde ocorre o acoplamento do grupo metila da Met. Ao contrário do que acontece nos mamíferos, nas aves estas duas etapas ocorrem no mesmo órgão, o fígado (Figura 8), possivelmente, esta seja a razão da creatina dietética induzir maiores respostas positivas em aves que em alguns mamíferos (Walker, 1960).

A AdoMet é formada a partir do ATP e a Met em uma reação catalisada pela enzima AdoMet sintetase. A AdoMet é principal doador biológico de grupos metila (metilação) para vários substratos endógenos (Finkelstein & Martin, 2000). Decorrente das reações de metilação é gerada a AdoHcy, a qual é simultaneamente hidrolisada produzindo adenosina e homocisteína (Friedman et al., 2001).

A homocisteína é um AA que não faz parte da estrutura das proteínas, a qual se acumula nos tecidos e fluidos corporais quando encontra-se em excesso na dieta (Baker, 2006).

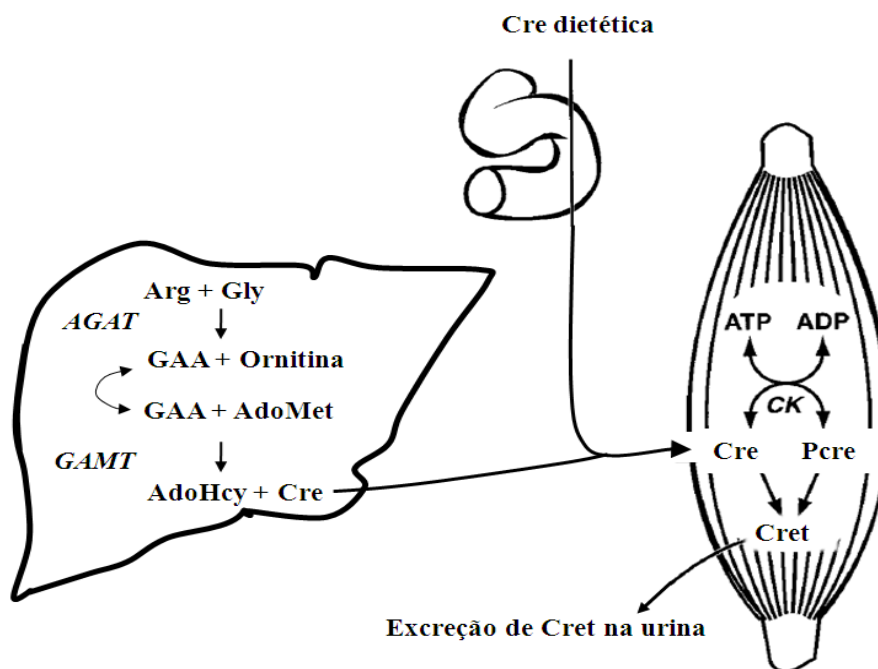


Figura 8. Principais vias metabólicas da creatina nas aves. Cre = creatina; PCre = fosfocreatina; Cret = creatinina
Adaptado de Wyss & Kaddurah-Daouk (2000).

Altos níveis de homocisteína nos tecidos de suínos, ratos e humanos têm demonstrado induzir à formação de espécies reativas de oxigênio (Young et al., 1997; Bydlowski et al., 1998; Huang et al., 2001), os quais podem danificar qualquer classe de estrutura celular e promover um stress oxidativo (desequilíbrio entre radicais livres e moléculas antioxidantes).

Em humanos, a síntese de creatina utiliza uma alta porcentagem dos grupos metila derivados da AdoMet e, portanto, é responsável da formação de mais do 70% da homocisteína total (Stead et al., 2006)

Nesse sentido, poderia pensar-se que a suplementação de Gly favoreceria indiretamente a síntese de espécies reativas de oxigênio, uma vez que sua inclusão incrementa a síntese de creatina, processo no qual culmina com a formação de homocisteína.

Entretanto, Benevenga e Harper (1970), e mais recentemente Fukada et al. (2006) demonstraram que a suplementação dietética de Gly ou Ser suprime a hiperhomocisteinemia induzida por altos níveis de Met, ao estimular a síntese de cistationina (presursora da cisteína) a partir da homocisteína em excesso, evitando que esta última se deposite nos tecidos celulares.

Keshavarz & Fuller (1971) demonstraram que deficiência de Gly limita a sínteses de creatina em frangos de corte suplementados com apenas Arg e afirmaram que a suplementação de Arg e Gly resulta em maior capacidade do músculo esquelético para armazenar creatina.

Possivelmente, as aves não recebem uma fonte de creatina da matriz através do ovo, dado que Ramírez et al. (1970) demonstraram a ausência de creatina na casca e ovo de matrizes White Leghorn. Contudo, os autores determinaram a presença de creatina e fosfocreatina no embrião após o dia sexto de incubação, afirmando que suas respectivas concentrações aumentaram com o decorrer do desenvolvimento do embrião.

Do mesmo modo, a CK e AGAT, enzimas relacionadas com a síntese de fosfocreatina e creatina, foram encontradas no fígado de aves desde o quarto (Ramírez et al., 1970) e quinto dia de incubação, respectivamente (Lamers et al., 1989).

Estes estudos demonstraram que a síntese de creatina inicia desde o desenvolvimento do embrião, podendo ser utilizada nesta fase como um mecanismo econômico e rápido para o aporte energético em tecidos excitáveis e demandantes de alta energia, como o músculo esquelético e tecido neural (Lamers et al., 1989).

1.5 Redução da proteína bruta em dietas para frangos de corte

Pesquisas desenvolvidas em aves e suínos demonstraram que a suplementação de AA sintéticos sobre dietas com baixa PB, é um método efetivo para diminuir o custo da ração e minimizar a excreção de nitrogênio (Jacob et al., 1994; Kerr and Easter, 1995; Canh et al., 1998; Roberts et al., 2007; Applegate et al., 2008; Namroud, et al., 2008).

Embora aos grandes avanços na nutrição de frangos de corte, ainda falta esclarecimento do ponto máximo no qual a proteína dietética pode ser reduzida sem comprometer o desempenho das aves. De acordo com Mendes et al. (1996) na medida em que surjam um maior número de AA sintéticos economicamente disponíveis, menor será o nível de proteína bruta da dieta.

Anos atrás se afirmava que níveis menores de proteína dietética poderiam ser empregados sem comprometer o desempenho das aves, desde que fossem apenas atendidas as exigências de Met, Lys e Thr, os três primeiros AA limitantes em frangos de corte. Não obstante, diversos estudos desenvolvidos com rações baixas em PB demonstraram a necessidade de também serem atendidas as exigências dos AA

limitantes após a Thr a fim de evitar quedas no desempenho (Kidd et al., 2000; Cauwenberghe & Burnham; 2001; Peganova & Eder, 2002; Berres et al. 2010).

Conforme Peganova & Eder (2002) a progressiva redução da PB na dieta pode levar a deficiência dos AA conhecidos literalmente como “menos limitantes” (Val, Ile, Arg e Trp), os quais são geralmente supridos por dietas com níveis normais de PB.

Contudo, a redução do teor de PB acima de três a quatro pontos percentuais (p.p), inclusive atendendo as exigências de todos os AAE, resultaram em pior crescimento (Schutte et al., 1997; Dean et al., 2006; Payne, 2007) e composição de carcaça em frangos de corte na fase crescimento (Bregendahl et al., 2002).

De acordo com Berres et al. (2010) possivelmente, os AANE tornassem limitantes abaixo de um certo nível de proteína na dieta. Nesse sentido, Corzo et al. (2004b) afirmaram que é estritamente necessário a suplementação de nitrogênio não essencial em dietas com redução de 4 p.p da PB para frangos de corte na fase inicial.

Atualmente, não há dúvida de que as aves não requerem de proteína bruta per se, mas sim de um adequado balanço entre AAE e suficiente nitrogênio para a síntese de AANE.

Em contrapartida aos estudos desenvolvidos com frangos, trabalhos realizados com patos indicam que é possível reduzir o teor de PB em 4 p.p com a suplementação de AAE sem comprometer o desempenho produtivo destas aves (Kidd et al., 1997; Waibel et al., 2000; Lemme et al., 2004; Lemme, 2007). Contudo, reduções acima deste nível protéico na dieta de patos resultaram em queda do desempenho (Kidd et al., 1997).

Varias pesquisas têm proposto as possíveis causas da depressão do crescimento de aves alimentadas com dietas baixas em PB, quando comparado com aves alimentadas com dietas convencionais (Aftab et al., 2006; Waldroup et al., 2007; Namroud et al., 2008). Dentro dos principais fatores encontram-se:

- ✓ Diminuição das concentrações de potássio e do balanço eletrolítico da dieta, pois a redução da PB com a suplementação de AA sintéticos resulta em menor inclusão do farelo de soja na formulação de ração, de tal forma que, o potássio dietético decresce, bem como aumenta a concentração de cloro proveniente dos AA, especialmente da Lys sintética.
- ✓ Deficiência de nitrogênio não específico necessário para a síntese de AANE.
- ✓ Redução do consumo de ração, devido á uma maior concentração de amônia no sangue, uma vez que os AA sintéticos podem entrar na corrente sanguínea mais rapidamente que fontes de proteína intacta.

- ✓ Desequilíbrio nutricional de AAE e AANE.
- ✓ Dietas deficientes em Gly.
- ✓ Falta de conhecimento sobre as exigências de alguns AA, especialmente aqueles que normalmente estão presentes em excesso na dieta.

Si et al. (2004) encontraram diminuição do peso corporal e pior conversão alimentar em aves que receberam dietas com PB menor de 20%, mesmo suplementando com AAE. Igualmente, Jiang et al. (2005), apesar de fornecer rações experimentais com AAE em níveis suficientes para atender o 100 e/ou 110% das exigências das aves, dietas com níveis protéicos menores de 22% resultaram em queda do desempenho dos animais, sendo que a suplementação de AAE acima da exigência, somente prejudicou os parâmetros produtivos, especialmente nos níveis mais baixos de PB. Os resultados de Jiang et al. (2005) revelam que a deficiência de AAE não é a causa da queda de desempenho encontrado em aves submetidas a dietas baixas em PB.

Dean (2005) encontrou redução linear do ganho de peso e aumento na conversão alimentar quando a PB da dieta foi reduzida de 22 para 16%, inclusive atendendo as exigências de todos os nutrientes na dieta. Contudo, McGill (2009) encontrou semelhante desempenho em aves alimentadas com 15% PB que os pintos que receberam uma dieta com 23%PB, quando todos os AA foram atendidos na mesma proporção da ração controle. No entanto, McGill (2009) decresceu drasticamente o teor de proteína e teve que suplementar a ração teste com doze AA cristalinos. Atualmente, para a indústria não é viável reduções da PB nessa magnitude (8 p.p), uma vez que demanda a inclusão de vários AA sintéticos que ainda não encontram-se economicamente viáveis no mercado.

Na indústria já foi evidenciado que a diminuição da PB além de comprometer o desempenho das aves, também aumenta o teor de gordura na carcaça (Colnago, 1992; Alleman et al., 2000; Aletor et al., 2000; Si et al., 2004; Aftab et al., 2006, Namroud et al., 2010). Conforme o excesso de PB e de AA são minimizados na dieta, há uma maior eficiência da utilização da energia para a deposição de proteína nos tecidos, poupando parte da energia fornecida na dieta, sendo conseqüentemente a mesma depositada como gordura corporal (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2004).

Aletor et al. (2000) relacionaram o aumento da deposição de gordura na carcaça em aves submetidas a dietas com baixo nível protéico com o aumento no consumo de ração. Outra possível hipótese foi proposta por Namroud et al. (2010), indicando que a

diminuição dos níveis circulantes de T3 e T4, hormônios com efeito lipolítico, aumenta a deposição de gordura corporal em frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB, uma vez que encontraram menor concentração dos hormônios tiróides nas dietas com 17% de PB, a suplementação de Gly e Glu diminuíram o teor de gordura na carcaça, mas não influenciaram a concentração plasmática de T3 e T4.

Por um lado, dietas com menor nível protéico são eficientes em diminuir a excreção de nitrogênio, minimizando a poluição do meio ambiente, mas por outro lado, as mesmas incrementam o teor de gordura da carcaça. Assim, para o setor conseguir padronizar o nível final de redução da PB da dieta, torna-se necessário a solução deste problema, visto que, parte do êxito da cadeia produtiva envolve produzir carcaças com características e qualidade apreciável pelo consumidor, que são os que impõem grande parte das condições nos mercados agropecuários.

1.6 Relação entre AAE e AANE para frangos de corte

O conceito de proteína ideal abrange atender as exigências de AAE, bem como, o fornecimento dos AANE ou de nitrogênio suficiente para que estes possam ser sintetizados pelo frango. Cabe ressaltar que a síntese de AANE tem uma demanda energética, e o correto balanço entre AAE e AANE nas aves proporciona maior eficiência na utilização da PB presente na dieta.

Em dietas com alto ou normal teor de PB, os AANE podem ser sintetizados a partir dos AAE em excesso (Aftab et al., 2006). No entanto, esta situação não é desejável do ponto de vista econômico, produtivo e ambiental para a indústria.

A importância do correto balanço entre AAE e AANE já foi bem estabelecida em frangos de corte (Bedford & Summers, 1985; Heger, 2003; Aftab et al., 2006; Pesti, 2009), bem como em outras espécies animais, como suínos (Lenis et al., 1999), patos (Bedford & Summers, 1988), peixes (Green & Hardy, 2002; Kaushik & Seiliez, 2010) e humanos (Swendseid et al., 1960).

Bedford & Summers (1985) sugeriram que a relação ideal de AAE:AANE é 55:45 para o ótimo crescimento e eficiência do acréscimo da proteína da carcaça em frangos de corte na fase de 1 aos 21 dias de idade. Resultado semelhante foi determinado por Suida (2001), afirmando que esta relação encontrava-se em 54:46.

Aftab et al. (2006) calcularam a relação de AAE:AANE de algumas pesquisas que encontraram um desempenho semelhante entre aves alimentadas com dietas baixas em proteína e os frangos que receberam a ração controle, sendo estas relações de 53:47 no estudo de Moran et al. (1992) e Si et al. (2004) e, de 54:46; 47:53 e 57:43 nas pesquisas de Jiang et al. (2005), Fatufe et al. (2005) e Dean et al. (2006), respectivamente.

Goulart (2010) estimou relações ideais de 52:48 com 19% de PB e de 49:51 com 17,5% de PB para frangos de corte nas fases 8 aos 21 e 22 aos 40 dias de idade, respectivamente, estimativas obtidas ao considerar o desempenho, menor excreção de nitrogênio e maior qualidade na composição corporal das aves.

A relação de AAE e AANE estimadas como ideal nos diferentes estudos encontram-se próximas entre elas. Do mesmo modo, Heger (2003) após fazer uma ampla revisão em múltiplas espécies, afirmou que esta relação não difere drasticamente entre as espécies animais. Pesquisas em suínos determinaram relações semelhantes aos estudos em frangos, Wang & Fuller (1989) e Lenis et al. (1999) recomendaram relações de 45:55 e 50:50, respectivamente.

Jiang et al. (2005) sugeriram fornecer AANE dietéticos em torno de 40 a 50% do nitrogênio total da dieta a fim de favorecer um ótimo desempenho em frangos de corte.

Embora algumas pesquisas ressaltem a importância de manter a relação de AAE e AANE, Waldroup (2007) afirma que o desbalanço entre esta relação não parece ser o motivo da queda do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB, a base de milho e farelo de soja, dado de que, ao suplementar estas dietas com AA cristalinos, mantem-se a proporção de AAE e AANE constante, dentro dum intervalo considerado como aceitável.

A metodologia empregada para calcular a relação de AAE:AANE consiste em somar a quantidade dos AAE totais, seguido de calcular o total de AA da dieta (AAT) em relação com o nível de PB da ração e, finalmente, a quantidade de AANE é determinada pela diferença entre AAT e AAE. Conforme Waldroup (2007) esta relação pode variar dependendo de qual AA seja incluído dentro de cada grupo.

Nesse contexto, os AA classificados como semi-essenciais ou essenciais apenas em determinadas situações fisiológicas poderiam propiciar algumas confusões nesta classe de experimentos, sendo o caso principalmente de AA como a Gly, Ser e prolina (Pro). Por exemplo, Goulart, 2010 considerou a Gly como um AAE, entretanto, Stucki & Harper (1961); Deschepper & DeGroote (1995) e Alleman et al., 2000, a

classificaram como um AANE, por outro lado, Bedford & Summers (1988) trabalhando com patos a consideraram dentro dos dois grupos. Esta falta de padronização da metodologia utilizada, dificulta a comparação dos resultados entre as diferentes pesquisas.

Embora os AANE aportem mais do 50% do nitrogênio ingerido na dieta (Heger, 2003), mínima importância tem-se dado a estes, tanto assim, que são escassas as pesquisas que determinem a relação ideal de AAE:AANE ou estudem como este balanço poderia influenciar a eficiência de utilização da proteína contida na dieta, desta forma, há a necessidade de novas pesquisas com intuito de esclarecer essas questões.

1.7 Referências bibliográficas

- AFTAB, U.; ASHRAF, M., & JIANG, Z. Low protein diets for broilers. **World Poultry Science Journal**, v.62, p.688-701, 2006.
- ALETOR, V. A.; HAMID, I. I.; NIEB, E.; et al. Low protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition y efficiencies of nutrient utilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.80, p.547-554, 2000.
- ALLEMAN, F.; MICHEL, J.; CHAGNEAU, A. M.; et al. The effects of dietary protein independent of essential amino acids on growth and body composition in genetically lean and fat chickens. **British Poultry Science**, v.41, p.214–218, 2000.
- ALMQUIST, H.J. & GRAU, C. R. The amino acid requirements of the chick. **Journal of Nutrition**, v.28, p. 325-331, 1944.
- APPLEGATE, T.J.; POWERS, W.J.; ANGEL, R.; et al. Effect of amino acid formulation and acid supplementation on performance and nitrogen excretion in turkey toms. **Poultry Science**, v.87, p.514-520, 2008.
- BAKER, D. H., & SUGAHARA, M. Nutritional investigation of the metabolism of Glycine and its precursors by chicks fed a crystalline amino acid diet. **Poultry Science**, v.49, p.756–760, 1970.
- BAKER, D.H.; TERRILL, M.H.; KLEISS, A.J. Nutritional evidence concerning formation of Glycine from threonine in the chick. **Journal of Animal Science**, v.34, p.582–586, 1972.
- BAKER, D.H. Comparative species utilization and toxicity of sulfur amino acids. **Journal of Nutrition**, 136:1670S–75S, 2006.
- BEDFORD, M.R., & SUMMERS, J.D. Influence of the ratio of essential to nonessential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. **British Poultry Science**, v.26, p.483-451, 1985.
- BEDFORD, M.R., & SUMMERS, J.D. The effect of the essential to nonessential amino acid ratio on turkey performance and carcass composition. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, p.899-906, 1988.
- BENEVENGA, N. J., & HARPER, A. E. Effect of Glycine and serine on methionine metabolism in rats fed diets high in methionine. **Journal of Nutrition**, v.100, p.1204-1214, 1970.
- BERRES, J. ; VIEIRA, S. L.; DOZIER III, W. A.; et al. Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, Glycine, and glutamic acid. **Journal of Applied Poultry Research**. v.19, p.68-79, 2010.
- BILGEN, G.; OKTAY, Z.; TOKGOZ, G.; et al. Collagen content and electrophoretic analysis of type I collagen in breast skin of heterozygous naked neck and normally feathered commercial broilers. **Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.23, p. 483–487, 1999.
- BREGENDAHL, K.; SELL, J.L. & ZIMMERMAN, D.R. Effect of low protein diet on performance and body composition of broiler chicks. **Poultry Science**, v.81, p.1156-1167, 2002.
- BYDLOWSKI, S.P.; MAGNANELLI, A.C.; CHAMONE, D.A.F. Hiperhomocistinemia e doenças vasooclusivas. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.71, p.69–76, 1998.
- CANH, T.T.; AARNINK, A.J.A.; SCHUTTE, J.B.; et al. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. **Livestock Production Science**, v.56, p.181–191, 1998.

- CAUWENBERGHE, S.V., & BURNHAM, D. New developments in amino acid and protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. In: 13th European Symposium Poultry Nutrition, Oct 2001. **Proceedings...** Blankenberg, Belgium, 2001.
- COLNAGO, L.G. Aminoácidos em rações de frangos e matrizes pesadas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1992, Santos, **Anais...** p.45-54.
- COON, C. N.; GROSSIE Jr, V. B. & Couch, J. R. Glycine-serine requirement for chicks. **Poultry Science**, v.53, p.1709–1713, 1974.
- CORTE, E.D., & STIRPE, F. The regulation of rat liver xanthine oxidase. Conversion in vitro of the enzyme activity from dehydrogenase (type D) to oxidase (type O). **Journal of Biological Chemistry**, v.244, n.14, p.3855–3863, 1969.
- CORZO, A.; KIDD, M. T.; BURNHAM, D. J.; et al.. Dietary Glycine need of broiler chicks. **Poultry Science**, v.83, p.1382–1384, 2004a.
- CORZO, A.; FRITTS, C. A. ; KIDD, M. T.; et al. Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.118, p.319–327, 2004b.
- CORZO, A.; KIDD, M. T.; DOZIER III, W. A.; et al. Dietary Glycine and Threonine interactive effects in broilers. **Poultry Science**, v.83, n.8, p.1382-1384, 2009.
- DAVIS, A. J., & AUSTIC, R. E. Dietary threonine imbalance alters threonine dehydrogenase activity in isolated hepatic mitochondria of chicks and rats. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1667–1677, 1994.
- DAVIS, A. J., & AUSTIC, R. E. Dietary protein and amino acid levels alter threonine dehydrogenase activity in hepatic mitochondria of *Gallus domesticus*. **Journal of Nutrition**, v.127, p.738-744, 1997.
- DEAN, D.W. **Amino acid requirements and low crude protein, amino acid supplemented diets for swine and poultry**. 2005. 120p. Thesis (Doctor of Philosophy) - Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana.
- DEAN, D.W.; BIDNER, T.D. & SOUTHERN, L.L. Glycine supplementation of low protein, amino acid-supplemented diets supports equal performance of broiler chicks. **Poultry Science**, v.85, p.288-296, 2006.
- DESCHEPPER, K., & DEGROOTE, G. Effect of dietary protein, essential and non-essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chickens. **British Poultry Science**, v.36, n.2, p.229-245, 1995.
- DOUGLAS, C.R.; HOCHREICH, H. J.; HARMS, R.H. Glycine in broiler nutrition. **Poultry science**, v.37, p.620-624, 1958.
- DOVE, C.R.; COOK, D.A. Water-soluble vitamins in swine nutrition. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. (Eds.) Swine nutrition. 2.ed. Washington: CRC Press, 2001. p.315-356.
- FATUFE, A.A., & RODEHUTSCORD, M. Growth, body composition, and marginal efficiency of methionine utilization are affected by nonessential amino acid nitrogen supplementation in male broiler chicken. **Poultry Science**, v.84, p.1584-1592, 2005.
- FEATHERSTONE, W. R. Effect of dietary amino acid level, folic acid, Glycine, and serine on chick performance and blood parameters. **Poultry Science**, v.58, p.906-912, 1979.
- FINKELSTEIN, J. D.; & MARTIN, J.J. Homocysteine. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v.32, p.385–389, 2000.

- FRIEDMAN, A.N.; BOSTOM, A.G.; SELHUB, J.; et al. The kidney and homocysteine metabolism. **Journal of the American Society of Nephrology**, v.12, n.10, p.2181-2189, 2001.
- FUKADA, S.; SHIMADA, Y.; MORITA, T.; et al. Suppression of methionine-induced hyperhomocysteinemia by Glycine and serine in rats. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v.70, p.2403-2409, 2006.
- GIBSON, N.R.; JAHOR, F.; WARE, L.; et al. Endogenous Glycine and tyrosine production is maintained in adults consuming a marginal-protein diet. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, p.511-518, 2002.
- GOULART, C.C. **Exigências de aminoácidos industriais e relação aminoácidos essenciais: não essenciais em dietas para frangos de corte**. 2010. 148f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- GRABER, G., & BAKER, D. H. The essential nature of Glycine and proline for growing chickens **Poultry Science**, v.52, p.892-896, 1973.
- GREEN, J.A., & HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.27, p.97-108, 2002.
- GREGG, K. & ROGERS, G.E. **Feather keratin: composition, structure and biogenesis**. In *Biology of the Integument*, vol. 2, ed. J. Bereiter-Hahn, A.G. Matoltsy & K.S. Richards, pp. 666-94. Berlin: Springer Verlag, 1986.
- HAACK, T.; GONZÁLES, M.J.; SÁNCHEZ, Y.; et al. D-amino acids in protein de novo design. II. Protein-diastereomerism versus protein-enantiomerism. **Letters in Peptide Science**, v.4, p.377-386, 1997.
- HEGER, J. Essential to non-essential amino acid ratios. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2.ed. Edinburgh: CABI Publishing, 2003. p.103-124.
- HUANG, R.F.; HSU, Y.C.; LIN, H.L.; et al. Folate depletion and elevated plasma homocysteine promote oxidative stress in rat livers. **Journal of Nutrition**, v.131, n.1, p.33-38, 2001.
- JACOB, J. P.; BLAIR, R.; BENETT, D. C.; et al. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. p.137. In: 29th Pac. Northwest Animal Nutrition Conference. **Proceedings...** Vancouver, British Columbia, Canada, 1994.
- JIANG, Q.; WALDROUP, P. W.; FRITTS, C.A. Improving utilization of diets low in crude protein for broiler chicks, 1. Evaluation of specific amino acid supplementation to diets low in crude protein. **International Journal Poultry Science**, v.4, p.115-122, 2005.
- KANG, C.W.; SUNDE, M.L.; SWICK, R.W. Growth and protein turnover in the skeletal muscles of broiler chicks. **Poultry Science**, v.64, p.370-379, 1985.
- KAUSHIK, S.J.; SEILIEZ, I. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. **Aquaculture Research**, v.41, n.3, p. 322-332, 2010.
- KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, n.10, p.3000-3008. 1995.
- KESHAVARZ, K. & FULLER, H.L. Relationship of arginine and methionine to creatine formation in chicks. **Journal of Nutrition**, v.101, p.855-862, 1971.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. L-Threonine for poultry: a review. **Journal Applied Poultry Research**, v.5, p.358-367, 1996.

- KIDD, M.T.; KERR, B.J.; ENGLAND, J.A.; et al. Performance and carcass composition of large white toms as affected by dietary crude protein and threonine supplements. **Poultry Science**, v.76, p.1392-1397, 1997.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J.; ALLARD, J.P.; et al. Limiting amino acid responses in commercial broilers. **Journal Applied Poultry Research**, v.9, p.223-233, 2000.
- LAMERS, W.H.; GEERTS, W.J.C.; MOORMAN, A.F.M.; et al. Creatine kinase isozyme expression in embryonic chicken heart. **Anatomy and Embryology**, v.179, p.387-393, 1989.
- LEE, C.W.; OH, Y.J.; SON, Y.S.; et al. Effects of Dietary Protein and Threonine Supply on In vitro Liver Threonine Dehydrogenase Activity and Threonine Efficiency in Rat and Chicken. **Asian - Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, n.10, p.1417-1424, 2011.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the Chicken**. 4th edition. University Books, 591p., 2001.
- LEMME, A.; FRACKENPOHL, U.; PETRI, A.; et al. Effects of reduced dietary protein concentrations with amino acid supplementation on performance and carcass quality in turkey toms 14 to 140 days of age. **International Journal of Poultry Sciences**, v.3, p.391-399, 2004.
- LEMME, A. Respuestas de pavos machos BUT Big 6 a cambios en el suministro de aminoácidos. **Degussa AminoNews**, v.8, p.13-20, 2007.
- LENIS, P. N.; DIEPEN, V.H.T.M.; BIKKER, P.; et al. Effects of the ratio between essential and nonessential amino acids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 1777-1787, 1999.
- LING, A.R., & NANJI, D.R. The synthesis of Glycine from formaldehyde. **Biochemical Journal**, v.16, n.5, p.702-703, 1922.
- MAPES, J.P., & KREBS, H.A. Rate-limiting factors in urate synthesis and gluconeogenesis in avian liver. **Biochemistry**, v.172, p.193-203, 1978.
- MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition**. Iowa: Iowa State University Press, 2000. 793p.
- MCGILL, E. R. **Effects of low crude protein diets with amino acid supplementation on broiler performance in the starter period**. 2009. p.108. Thesis (Master of Science) - University of Missouri, Columbia.
- MELLENDEZ-HEVIA, E.; PAZ-LUGO, P.D. Branch-point stoichiometry can generate weak links in metabolism: the case of Glycine biosynthesis. **Journal of Biosciences**, v.33, n.5, p.771-780, 2008.
- MELLENDEZ-HEVIA, E.; PAZ-LUGO, P.D.; CORNISH-BOWDEN, A.; et al. A weak link in metabolism: the metabolic capacity for Glycine biosynthesis does not satisfy the need for collagen synthesis. **Journal of Biosciences**, v.34, n.6, p.853-872, 2009.
- MENDES, A.A.; WATKINS, S.E., ENGLAND, J.A. Effects of protein status during starter and grower period and amino acid and lysine levels in finisher period on liver performance and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, v.75, p.741-753, 1996.
- MORAN, E.T. Jr., BUSHONG, R.D. & BILGILI, S.F. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. **Poultry Science**, v.71, p.1687-1694, 1992.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V.W. **Harper's Illustrated Biochemistry**, 26^a ed. 2003. São Paulo, Ed. Atheneu, 783p.

- NAMROUD, N. F.; SHIVAZAD, M.; ZAGHARI, M. Effects of Fortifying Low Crude Protein Diet with Crystalline Amino Acids on Performance, Blood Ammonia Level, and Excreta Characteristics of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.87, p.2250-2258, 2008.
- NAMROUD, N.F.; SHIVAZAD, M.; ZAGHARI, M. Effects of Glycine and glutamic acid supplementation to low protein diets on performance, thyroid function and fat deposition in chickens. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.3, p.238-244, 2010.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Amino acid oxidation and the production of urea**. In: Lehninger principles of biochemistry. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.486-515.
- NGO, A., & COON, C. N. The effect of feeding various levels of dietary Glycine in the pre-experimental diet to one-day old chicks on their subsequent Glycine plus serine requirement. **Poultry Science**, v.55, p.1672–1677, 1976.
- PAYNE, R. L. The potential for using low crude protein diets for broilers and turkeys. **Degussa AminoNews**, v.8, p.2–13, 2007.
- PEGANOVA, S. & EDER, K. Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. **Poultry Science**, v.81, p.1714–1721, 2002.
- PENZ JR., A.M. Digestão e absorção de proteínas e aminoácidos. In: **Fisiologia da digestão e absorção das aves**. Campinas: APINCO, 1994. p.59-69.
- PESTI, G. M. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 8, p.477–486, 2009.
- PLIMMER, R.H.A., & HOPKINS, F.G. **The chemical composition of the proteins**. Monographs on biochemistry. Part I. Analysis (2nd ed.). London: Longmans, Green and Co.. p. 82. 1912.
- RABBANI, A.; AKRABAWI, S.S.; DAGHIR, N.J. Effect of Dietary Folic Acid Deficiency on Serine-Glycine Interconversion and the Activity of Liver Serine Hydroxymethyl Transferase in the Chick. **Poultry Science**, v.52, n.5, p.1962-1967, 1973.
- RAMÍREZ, O.; CALVA, E.; TREJO, A. Creatine regulation in the embryo and growing chick. **Biochemical Journal**, v.119, n.4, p.757-763, 1970.
- ROBERTS, S. A.; XIN, H.; KERR, B. J.J.; et al. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. **Poultry Science**, v.86, p.1625–1632, 2007.
- ROSTAGNO, H.S.; Jr, J. G.; ALBINO, L.F. T.; et al. Níveis de Glicina+ Serina em rações de Pintos de Corte. In: CONFERENCIA APINCO, 2003, Campinas, SP. **Anais... CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA**. Campinas, SP : FACTA, 2003. p. 48.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SCHUTTE, J.B.; SMINK, W.; PACK, M. Requirement of young broiler chicks for Glycine plus serine. **Archiv Fur Geflugelkunde**. v.61, n.1, p.43-47, 1997.
- SI, J.; FRITTS, C.A.; BURNHAM, D.J.; et al. Extent to which crude protein may be reduced in corn-soybean meal broiler diets through amino acid supplementation. **International Journal Poultry Science**, v.3, n.1, p.46-50, 2004.
- SNOW, R., & MURPHY, R. Creatine and the creatine transporter: a review. **Molecular and Cellular Biology**, v.224, p.169-181, 2001.

- SONNE, J. C.; BUCHANAN, J. M., & DELLUVA, A. M. Biological precursors of uric acid carbon. **The Journal of Biological Chemistry**, v.166, p.395-396, 1946.
- STEAD, L.M.; BROSANAN, J.T.; BROSANAN, M.E.; et al. Is it time to re-evaluate methyl balance in humans?. **American Journal of Clinical Nutrition** , v.83, p.5–10, 2006.
- STEVENS, L. **Avian biochemistry and molecular biology**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1996.
- STUCKI, W.P., & HARPER, A.E. Importance of dispensible amino acids for normal growth of chicks. **Journal of Nutrition**, v.74, p.377-383, 1961.
- SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e consequências técnicas, econômicas e ambientais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL: PROTEÍNA IDEAL, ENERGIA LÍQUIDA E MODELAGEM, 2001. **Anais....** Santa Maria – RS, 2001, p. 01 – 17, 2001.
- SWENDSEID, M.E.; HARRIS, C.L.; TUTTLE, S.G. The effect of sources of nonessential nitrogen on nitrogen balance in young adults. **Journal of Nutrition**, v.71, p.105, 1960.
- TSAHAR, E.; RIO, C.M.; IZHAKI, I.; et al. Can birds be ammonotelic? Nitrogen balance and excretion in two frugivores. **Journal of Experimental Biology**, v.208, n6, p.1025–1034, 2005.
- URDANETA-RINCON, M., & LEESON, S. Muscle (pectoralis major) protein turnover in young broiler chickens fed graded levels of lysine and crude protein. **Poultry Science**, v.83, p.1897-1903, 2004.
- WAIBEL, P. E.; CARLSON, C.W.; BRANNON, J.A.; et al. Identification of limiting amino acids in methionine- and lysine-supplemented low-protein diets for turkeys. **Poultry Science**, v.79, p.1299-1305, 2000.
- WALDROUP, P.W. Do Crude Protein Levels Really Matter?. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. **Proceedings...** Denpasar, Indonesi, 2007.
- WALKER, J. B. Metabolic control of creatine biosynthesis. I. Effect of dietary creatine. **Journal of Biological Chemistry**, v.235, p.2357-2361, 1960.
- WANG, T.C.; FULLER, M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by aminoacid deletion. **British Journal of Nutrition**, v.62, p.77-89, 1989.
- WATERHOUSE, H. N. & SCOTT, H. N. Effect of different proteins and protein levels on the Glycine need of the chick fed purified diets. **Poultry Science**. v.40, p. 1160-1165, 1961.
- WYSS, M.; KADDURAH-DAOUK, R. Creatine and creatinine metabolism. **Physiological Reviews**, v.80, p.1107–1213, 2000.
- YOUNG, P.B.; KENNEDY, S.; MOLLOY, A.M.; et al. Lipid peroxidation induced in vivo by hyperhomocysteinemia in pigs. **Atherosclerosis**, v.129, p67–71, 1997.
- YUAN, J.H.; DAVIS, A. J.; AUSTIC, R. E. Temporal response of hepatic threonine dehydrogenase in chickens to the initial consumption of a threonine-imbalanced diet. **Journal of Nutrition**, v.130, p.2746–2752, 2000.
- YUAN, J.H.; AUSTIC, R.E. The effect of dietary protein level on threonine dehydrogenase activity in chickens. **Poultry Science**, v.80, p.1353-1356, 2001.

II – OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivo estudar a suplementação de AA sintéticos, com diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig, compreender as relações entre a Gly e Thr dig, determinar as exigências de Gly+Ser dig e formular estratégias nutricionais que evitem a queda no desempenho e ainda permitam reduzir a excreção de nitrogênio ambiental, em dietas com redução dos níveis protéicos para frangos de corte na fase inicial.

2.1 Objetivos específicos

1. Determinar se altos níveis de Thr diminuem as exigências de Gly+Ser nos frangos de corte na fase inicial
2. Avaliar os efeitos de altos níveis de Thr sobre o desempenho, concentrações séricas de ácido úrico, amônia, creatinina, albumina e proteínas totais.
3. Determinar as exigências de Gly+Ser:Lys para o máximo armazenamento de creatina nos músculos peitorais.
4. Estudar o efeito da Gly como possível melhorador da eficiência de utilização dos outros AA contidos na dieta.

III - Suplementação de aminoácidos sintéticos em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte com diferentes relações de glicina+serina:lisina digestíveis

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar a suplementação de aminoácidos (AA) sintéticos sobre dietas com baixo nível protéico, com diferentes relações de glicina+serina:lisina (Gly+Ser:Lys) digestível (dig) sobre o desempenho, parâmetros séricos, empenamento e características da cama de frangos de corte na fase inicial. Foram utilizados 1.050 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-Vantress®, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e 35 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de: T1- dieta controle a base de milho e farelo de soja formulada com 22% de PB (Gly+Ser:Lys de 147%); T2 - redução de dois pontos percentuais (p.p) da PB, suplementada com Val (Gly+Ser:Lys de 137%); T3 - semelhante ao T2, porém adicionou-se Gly (Gly+Ser:Lys de 147%); T4 - redução de três p.p da PB, suplementada com Val, Ile e Arg (Gly+Ser:Lys de 127%); T5 e T6 - semelhantes ao T4, no entanto, a Gly foi adicionada (Gly+Ser:Lys de 137 e 147%, respectivamente). Aos 7 e 21 dias, aves que receberam as dietas com redução da PB em dois p.p (20% PB), contendo relações de Gly+Ser:Lys dig de 137 e 147% tiveram semelhante desempenho que as aves alimentadas com a ração controle (22% PB). Dietas com redução de três p.p da PB (19%) e uma relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) resultaram em aves com pior ($P < 0,05$) conversão alimentar e menor ($P < 0,05$) concentração sérica de proteínas totais e albumina que as aves que receberam a ração controle. O aumento da relação de Gly+Ser:Lys dig de 127 para 137 e 147%, permitiu melhorar ($P < 0,05$) a conversão alimentar e os níveis séricos de proteínas totais e albumina na mesma magnitude que as aves alimentadas com a dieta controle. Aves alimentadas com dietas baixas em PB (19 e 20%) contendo as relações de Gly+Ser:Lys dig de 137 e 147% apresentaram menor ($P < 0,05$) concentração de ácido úrico que as aves dos outros tratamentos. Dietas com redução de três p.p da PB (19%) (T4, T5 e T6) resultaram em cama com menor ($P < 0,05$) teor de nitrogênio e emissão de amônia que a cama das aves que receberam a dieta controle. Os tratamentos não influenciaram no comprimento das penas e no escore de empenamento ($P > 0,05$) aos 21 e 28 dias de idade. A suplementação de AA essenciais (AAE), mantendo relações de Gly+Ser:Lys dig não inferiores de 137%, permite reduzir a PB da dieta em três p.p sem comprometer o desempenho, empenamento nem os parâmetros séricos de frangos de

corte na fase inicial, e ainda promove a redução da excreção do nitrogênio e emissão de amônia da cama.

Palavras-chave: aminoácidos, glicina, nitrogênio, parâmetros séricos

III - Supplementation of synthetic amino acids to the low crude protein diets for broiler chicks with different digestible glycine+serine:lysine ratios

ABSTRACT - An experiment was carried out to study the supplementation of synthetic amino acids to the low crude protein diets with different digestible (dig) glycine+serine:lysine (Gly+Ser:Lys) ratios on performance, serum parameters, feather growth and litter characteristics in starter broilers. A total of 1,050 one-day-old Cobb male broilers were distributed in a completely randomized experimental design into six treatments with five replicates of 35 birds each. Dietary treatments consisted: T1 - corn-soybean meal based diet formulated with 22% CP (Gly + Ser:Lys ratio of 147); T2 - reduced in CP by two percentage points (p.p) supplemented with Val (Gly + Ser:Lys ratio of 137); T3 - T2 plus Gly (Gly + Ser:Lys ratio of 147); T4 - reduced in CP by three p.p supplemented with Val, Ile and Arg (Gly + Ser:Lys ratio of 127); T5 and T6 - T4 plus Gly (Gly + Ser:Lys ratio of 137 and 147, respectively). At days 7 and 21, broilers fed with diets two p.p lower in dietary CP (20%) containing dig Gly + Ser:Lys ratios of 137 and 147% presented in similar performance as chicks fed the control diet (22% CP). Diets three p.p lower in dietary CP (19%) with Gly + Ser:Lys ratio of 127% resulted in chicks with worse ($P < 0.05$) feed conversion and lower ($P < 0.05$) serum total protein and albumin than the control diet. However this negative effect could be overcome completely with an increase in the dig Gly + Ser:Lys ratio of 127 to 137 and 147%. Broilers fed with low CP diets (19 and 20%) containing Gly + Ser:Lys ratio of 137 and 147% presented lower ($P < 0.05$) serum uric acid than the other treatments. Diets three p.p lower in dietary CP (19%) (T4, T5 e T6) resulted in chicks with lower ($P < 0,05$) nitrogen contents and ammonia emission in litter than the control diet. At days 21 and 28, feather lengths and scores were unaffected ($P > 0,05$) by dietary treatments. Supplementation of essential AA, maintaining a Gly + Ser:Lys ratio not lower than 137% promotes the reduction of CP by three p.p with no changes in chicken performance, feather growth and serum parameters of broilers in the initial phase, while promotes the reduction of nitrogen excretion and ammonia emissions from litter.

Key-words: amino acids, glycine, nitrogen, serum parameters

Introdução

A produção intensiva de animais é considerada um dos principais contribuintes para a poluição do meio ambiente (Aletor et al., 2000). Aproximadamente, 70 a 75% do nitrogênio ingerido pelos animais pode perder-se nos processos metabólicos ou ser respectivamente excretado, isto é devido em parte à ineficiência nos processos de digestão e absorção das proteínas provenientes da dieta (Nahm, 2007). O nitrogênio excretado permanece na cama e, posteriormente, será convertido em amônia por fermentação bacteriana, seguidamente, da sua difusão no ar por volatilização (Angel & Powers, 2006).

Elevada concentração de amônia nos aviários tem sido relacionada com queda do desempenho (Carlile, 1984; Moore et al., 1999; Miles et al., 2004), diminuição da eficácia da resposta imune (Targowski et al., 1984) e problemas respiratórios tanto em aves (Hinz & Linke, 1998; Kristensen & Wathes, 2000) como em humanos (Donham et al., 2000; Omland, 2002).

Uma estratégia efetiva para reduzir a poluição ambiental é melhorar a utilização da PB dietética com a correta suplementação de aminoácidos (AA) sintéticos. Para lograr este objetivo é necessário satisfazer os requerimentos dos AA limitantes após a treonina (Thr), bem como fornecer suficiente nitrogênio para a síntese dos AA não essenciais (AANE).

Os candidatos mais prováveis em ser o quarto e quinto AA limitante em frangos de corte após a Thr são valina (Val), isoleucina (Ile), arginina (Arg) e triptofano (Trp), lugar que depende principalmente dos ingredientes utilizados na formulação das dietas, idade e sexo das aves (Corzo, 2007a). No entanto, a Val demonstrou ser o quarto AA limitante em dietas a base de milho e farelo de soja contendo baixo nível de PB (Kidd & Hackenhaar, 2005; Corzo, et al., 2007b; Corzo et al., 2009), lugar que também pode ser ocupado pela Ile caso subprodutos avícolas sejam incluídos na dieta (Kidd e Hackenhar, 2006; Corzo, 2007a). Igualmente, a Arg pode ser o quarto AA limitante em dietas a base de sorgo e farelo de trigo em frangos de corte nas fases de crescimento e final (Corzo, 2007a).

Alguns pesquisadores reportaram que a redução da PB da dieta não compromete o desempenho de frangos de corte, desde que suplementados com AA essenciais (AAE) (Parr & Summers, 1991; Han et al., 1992; Costa et al., 2001; McGill, 2009). Contudo, outros pesquisadores indicaram que a redução pode acarretar prejuízos, mesmo com a

suplementação de AA (Pinchasov et al., 1990; Moran et al., 1992; Aletor et al., 2000; Waldroup, 2000; Bregendahl et al., 2002; Si et al., 2004; Namroud et al., 2010).

Embora a possível causa da queda do desempenho nestas dietas seja a deficiência de nitrogênio não específico, a suplementação de AANE, em vários estudos, não permitiu restaurar o desempenho produtivo das aves (Fancher & Jensen 1989a; Fancher & Jensen 1989b; Parr & Summers, 1991; Leclercq et al., 1994; Kerr & Kidd, 1999a; Hussein et al., 2001; Jiang et al., 2005; Waldroup et al., 2005; Namroud et al., 2010).

Dentre os AANE, o ácido glutâmico (Glu) e a Gly são os AA mais prováveis em limitar o desempenho de aves alimentadas com baixo nível protéico. Não obstante, a suplementação de Glu, em ocasiões, não evidenciou melhorar os parâmetros produtivos dos animais (Fancher & Jensen 1989a; Fancher & Jensen 1989b; Parr & Summers, 1991; Leclercq et al., 1994; Kerr & Kidd, 1999a; Jiang et al., 2005; Waldroup et al., 2005). Pelo contrário, a suplementação de Gly nestas dietas tem apresentado resultados promissores (Parr & Summers, 1991; Heger & Pack, 1996; Schutte et al., 1997; Corzo et al., 2004a; Jiang et al., 2005; Dean et al., 2006; Berres et al., 2010).

No setor avícola, a suplementação de Gly+Ser demonstrou recuperar completamente o ganho de peso e/ou a conversão alimentar, comprometidos nas aves alimentadas com baixos níveis protéicos (Heger & Pack, 1996; Schutte et al., 1997; Corzo et al., 2004a; Dean et al., 2006). Possivelmente, dietas deficientes em Gly+Ser sejam um dos principais fatores que retardem o crescimento dos frangos de corte, em dietas com reduções acima de três e quatro pontos percentuais (p.p) de PB (Dean, 2005; Aftab et al., 2006; Waldroup, 2007).

Os frangos de corte não requerem somente AAE, também demandam uma quantidade de AANE (Pesti, 2009). Dentre de todos os AANE a Gly parece ser o mais necessário para otimizar o crescimento das aves.

Com base nessas afirmações, este trabalho teve como objetivo estudar a suplementação de AA sintéticos sobre dietas com redução dos níveis protéicos e diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig sobre o desempenho, parâmetros séricos, empenamento e características da cama de frangos de corte na fase inicial.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados 1.050 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem Cobb–Vantress®, provenientes de matrizes de 40 semanas, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cinco repetições e 35 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de: T1- dieta controle a base de milho e farelo de soja formulada com 22% de PB (Gly+Ser:Lys de 147%); T2 - redução de dois pontos percentuais (p.p) da PB, suplementada com Val (Gly+Ser:Lys de 137%); T3 - semelhante ao T2, porém adicionou-se Gly (Gly+Ser:Lys de 147%); T4 – redução de três p.p da PB, suplementada com Val, Ile e Arg (Gly+Ser:Lys de 127%); T5 e T6 – semelhantes ao T4, no entanto, a Gly foi adicionada (Gly+Ser:Lys de 137 e 147%, respectivamente).

As aves foram alojadas em um galpão convencional de 22m de comprimento e 8m de largura, com cobertura de telha francesa e lanternim, piso de concreto e paredes laterais de alvenaria com 40 cm de altura, completadas com tela de arame até o telhado. As aves foram criadas em boxes de 2,5 m². Empregou-se um programa de iluminação contínua durante a primeira semana e de 23 horas de luz diárias, até o final do período. O material utilizado como cama foi casca de arroz de primeiro uso.

Durante os primeiros dias, foram utilizados comedouros infantis (0,50 x 0,40 x 0,05m) e bebedouros do tipo copo de pressão até o quinto dia de idade, sendo estes substituídos posteriormente por comedouros tubulares e bebedouros do tipo nipple. Em cada boxe foram utilizados um círculo de proteção e uma campânula como fonte de aquecimento para os pintinhos. Água e ração foram fornecidas à vontade em um programa de alimentação dividido em duas fases, sendo a inicial (1 a 21 dias de idade), e a de crescimento (22 a 42 dias de idade).

As aves receberam as dietas experimentais até os 21 dias de idade e uma dieta convencional até os 42 dias. As rações (Tabela 1) foram à base de milho e farelo de soja, formuladas utilizando os valores de composição química dos alimentos e as exigências nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio segundo Rostagno et al. (2011).

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais (1 a 21 dias)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ingredientes (%)						
Milho	52,10	57,50	57,26	62,00	63,56	63,32
Farelo de soja 45%	40,14	35,39	35,42	31,29	29,62	29,64
Óleo de Soja	3,58	2,58	2,64	1,70	1,40	1,46
Fosfato Bicálcico	1,87	1,89	1,89	1,91	1,92	1,92
Calcário	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Supl. Min – Vit, ^{1,2}	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-Met 99%	0,29	0,33	0,33	0,36	0,38	0,38
L-Lys HCL 78,5%	0,19	0,33	0,33	0,45	0,50	0,50
L-Thr 98%	0,06	0,12	0,12	0,17	0,20	0,20
L-Val 98%	0,00	0,08	0,08	0,14	0,17	0,17
L-Ile 98%	0,00	0,00	0,00	0,07	0,10	0,10
L-Arg 99%	0,00	0,00	0,00	0,12	0,17	0,17
L-Gly 97%	0,00	0,00	0,15	0,00	0,20	0,35
Valores calculados						
PB, %	22,15	20,12	20,20	19,13	19,00	19,10
EM, kcal/kg	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975
Cálcio, %	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
Cloro, %	0,318	0,345	0,345	0,369	0,379	0,378
Fósforo Disp, %	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431
Potássio, %	0,871	0,800	0,800	0,737	0,711	0,711
Sódio, %	0,171	0,171	0,171	0,171	0,171	0,171
Gly+Ser dig, %	1,826	1,702	1,829	1,576	1,710	1,830
Arg dig, %	1,474	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342
Ile dig, %	0,909	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
Leu dig, %	1,798	1,697	1,696	1,609	1,570	1,569
Lys dig, %	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242
Met+Cys dig, %	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
Thr dig, %	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808
Trp dig, %	0,264	0,264	0,241	0,220	0,212	0,212
Val dig, %	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957
Phe dig, %	1,119	0,983	0,982	0,865	0,815	0,814
His dig, %	0,571	0,531	0,531	0,496	0,481	0,481
Relação Lys (%)						
Gly+Ser dig	147	137	147	127	137	147
Met+Cys dig	72	72	72	72	72	72
AAE ³	10,743	10,271	10,374	9,978	10,051	10,169
Relação AAE:AANE	49:51	51:49	51:49	49:51	53:47	53:47

¹Suplemento Vitamínico Inicial (Conteúdo por kg de premix): Vit. A 2.916,67 UI; Vit. D3 583,33 UI; Vit.E 8.750,00 mg; Vit. K3 433,33 mg; Vit. B1 408,33 mg; Vit. B2 1.333,33 mg; Vit. B12 4.166,67 µg; Niacina 8.983,33 mg; Pantotenato Cálcico 3.166,67 mg; Ácido Fólico 200,00 mg; Biotina 25,00 mg; Colina 67.500,00; Antioxidante 1.450.000;.

²Suplemento mineral (Conteúdo por kg de premix): Ferro 12.600,00 mg; Cobre 3.072,00 mg; Iodo 248,00 mg; Zinco 12.600,00 mg; Manganês 15.004,00 mg; Selênio 61,200 mg; Cobalto 50,400 mg.

³AAE = Lys, Met+Cys, Thr, Arg, Val, Trp, Ile, Leu, Phe, His e Gly.

As aves e as rações foram devidamente pesadas aos 1, 7, 14, 21 e 41 dias de idade, para avaliação do desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar). A mortalidade das aves foi registrada diariamente, assim como, suas possíveis causas foram determinadas por necropsia, ao mesmo tempo foram pesadas, para ajustar o consumo de alimento e a conversão alimentar.

Aos 21 dias de idade, foram coletadas amostras de sangue da veia jugular, utilizando-se duas aves por unidade experimental, a fim de determinar as concentrações séricas de ácido úrico, uréia, albumina e proteínas totais mediante um processo enzimático-colorimétrico (kit comercial).

Aos 22 dias de idade, foram coletadas amostras de cama, em três pontos por box, mantendo uma distância mínima de 10 cm de bebedouros e comedouros, procurando-se retirar um volume em torno de 500 gramas de amostra. Posteriormente, estas três amostras foram homogeneizadas e armazenadas para determinar a quantidade de amônia liberada pela cama conforme a metodologia de Hernandez & Cazetta (2001), e utilizadas para analisar a MS e o nitrogênio, conforme descrito por Silva & Queiróz (2004).

Aos 21 e 28 dias de idade, foram realizadas as análises de empenamento de cinco aves por unidade experimental, apanhadas aleatoriamente.

O empenamento foi avaliado por duas metodologias. A primeira metodologia seguindo os critérios adotado por Edens et al. (2001), consistiram em avaliar visualmente as aves, dando-lhes um escore de 0 a 5, de acordo com a densidade de empenamento e estágio de desenvolvimento das penas nas regiões: dorso (dorsopelvico), peito (pectoral + esternal), pernas (femural) e asa (umeral e cobertura marginal superior do prepatagium).

A segunda metodologia utilizada, avaliou-se o desenvolvimento das penas segundo o proposto por Wylie et al., (2001). Para esta análise, a região dorsopélvica (dorso) foi dividida em duas partes, cranial e caudal. Na porção central da região caudal, foi medido aleatoriamente o comprimento de 15 penas por ave e a média foi utilizada para análise estatística. Da mesma forma, foi medido o comprimento de cinco penas da porção proximal da região femoral (sobrecosta), das aves selecionadas.

Para a determinação do rendimento de carcaça, aos 42 dias de idade, foram utilizadas duas aves por unidade experimental, as quais foram selecionadas com o peso de acordo com a média da repetição, bem como, submetidas a seis horas de jejum, sendo atordoadas com eletricidade e sacrificadas por sangria.

Para o cálculo do rendimento de carcaça foi considerado o peso da carcaça eviscerada, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo das aves que foram pesadas individualmente antes do abate. Para o rendimento dos cortes nobres, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos e pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993). Posteriormente, foi pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG-8.0), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (1997), sendo as comparações das médias realizadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij},$$

Em que:

Y_{ij} = observação no tratamento i , na repetição j ;

μ = média geral;

T_i = efeito do tratamento i , $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ou 6 ;

ε_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Resultados e discussão

Aos 7 e 21 dias de idade, aves que receberam as dietas com redução da PB em até dois p.p, contendo relações de Gly+Ser:Lys dig de 137 e 147% (T2 e T3, respectivamente) tiveram semelhante conversão alimentar que as aves alimentadas com a ração controle (Tabela 2). De acordo a este resultado, pode-se afirmar que dietas com 20% de PB suplementadas com Val, não precisam ser suplementadas com Gly. Do mesmo modo, Waldroup et al. (2005) sugeriram que níveis protéicos de 20% de PB ou acima disponibilizam suficiente Gly para atender as exigências dos frangos de corte.

Aos 7 e 21 dias, dietas com redução de três p.p da PB e uma relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) resultaram em aves com pior ($P < 0,05$) conversão alimentar que aquelas que receberam a ração controle, inclusive estas dietas sendo

suplementadas com AAE (Lys, Met, Thr, Val, Ile e Arg). O aumento da relação de Gly+Ser:Lys dig de 127 para 137 e 147% nestas dietas (T4 e T5, respectivamente), mediante a respectiva suplementação de Gly, permitiu melhorar ($P < 0,05$) a conversão alimentar na mesma magnitude que as aves da dieta controle. Indicando que mesmo com a suplementação de AAE sintéticos, relações adequadas de Gly+Ser:Lys dig são necessárias para conseguir reduzir o teor de proteína da dieta, em três p.p sem comprometer o desempenho das aves.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig durante a fase de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade

Tratamentos	Gly+Ser: Lys (%)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)	Conversão alimentar (g/g) ¹
1 a 7 dias				
T1: Controle (22% PB)	147	127,64±4,42	155,72±3,05	1,222±0,020 ^a
T2: -2 p.p PB	137	138,12±3,55	170,96±4,97	1,238±0,017 ^{ab}
T3: -2 p.p PB	147	130,13±3,41	159,18±4,77	1,223±0,022 ^a
T4: -3 p.p PB	127	123,21±3,09	165,58±1,82	1,346±0,030 ^b
T5: -3 p.p PB	137	131,81±0,91	160,27±1,20	1,216±0,013 ^a
T6: -3 p.p PB	147	124,94±2,89	161,90±1,13	1,298±0,034 ^{ab}
CV (%)		5,01	3,94	3,68
1 a 21 dias				
T1: Controle (22% PB)	147	829,06±8,47	1196,33±2,37	1,444±0,016 ^a
T2: -2 p.p PB	137	797,80±27,17	1214,37±27,04	1,525±0,022 ^{ab}
T3: -2 p.p PB	147	793,76±11,20	1174,63±11,91	1,480±0,008 ^a
T4: -3 p.p PB	127	751,10±13,50	1213,46±13,05	1,616±0,023 ^b
T5: -3 p.p PB	137	773,91±19,55	1182,31±12,10	1,530±0,027 ^{ab}
T6: -3 p.p PB	147	770,68±18,01	1158,94±16,32	1,505±0,014 ^a
CV (%)		4,71	2,81	2,66

^{ab} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ valores corrigidos pela mortalidade.

Embora as aves sintetizem endogenamente a Gly, 40% da exigência total deste AA deve ser fornecida na dieta (Graber & Baker, 1973), visto que a Gly é um AA com alta demanda metabólica por ser precursora de numerosos componentes biológicos essenciais, desta forma, sua alta exigência excede sua respectiva síntese endógena (Gibson et al. 2002). Igualmente, a síntese de cada molécula de Gly demanda nove moléculas de ATP (Steven, 1996), situação que origina menor quantidade de energia, disponível para o ótimo crescimento. Isto explica a pior conversão alimentar encontrada nas aves submetidas à dieta T4, evidentemente sendo deficiente em Gly.

Conforme a PB é reduzida, os níveis de Gly+Ser são drasticamente reduzidos. Portanto, é possível que níveis marginais de Gly+Ser dietéticos sejam o motivo pelo qual dietas com baixo teor de PB suplementadas com AAE nem sempre resultam em aves com crescimento semelhante ao proporcionado por rações convencionais (Jiang et al., 2005).

Não obstante, algumas pesquisas ressaltem a importância de manter uma adequada relação de AAE e AANE a fim de evitar a queda do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB (Bedford & Summers, 1985; Heger, 2003; Aftab et al., 2006; Pesti, 2009), a relação de AAE:AANE não parece ser o motivo da pior conversão alimentar apresentada nas aves submetidas à dieta T4 (49:51), dado que a relação nesta dieta foi semelhante à proporcionada na ração controle e, em geral, a relação de AAE:AANE não diferiu drasticamente entre os tratamentos.

Kerr & Kidd (1999b) evidenciaram pior ganho peso e conversão alimentar em aves na fase inicial que receberam uma dieta com redução em três p.p da PB (16,7%) em relação a uma dieta controle (19,4% PB). A suplementação da dieta com 16,7% de PB com Thr, Val, Ile e Trp melhorou ganho de peso ao mesmo nível da dieta controle, mas não a conversão alimentar. Inadequada quantidade de AANE poderia ter limitado o desempenho das aves.

Nesse sentido, Berres et al. (2010) afirmaram que é primordial fornecer nitrogênio não essencial em aves alimentadas com baixo teor de PB, particularmente nos períodos iniciais de crescimento, pois os AANE podem tornar-se limitantes abaixo de um certo nível de proteína dietética.

Apesar de algumas pesquisas enfatizarem a importância de fornecer níveis adequados de AANE, a fim de conseguir reduzir o teor de PB, vários estudos não encontraram respostas positivas sobre os parâmetros produtivos das aves com a suplementação individual de alguns AANE diferentes à Gly (Glu, aspartato, alanina e prolina) (Parr & Summer, 1991; Schutte et al., 1997; Heger e Pack, 1996; Dean et al., 2006). Possivelmente, devam ser considerados níveis específicos de Gly, e não níveis de AANE totais, ao serem formuladas rações com redução protéica (McGill, 2009).

Corzo et al. (2004a) encontraram ganho de peso e conversão alimentar semelhantes à dieta controle (22% PB) em aves na fase inicial, alimentadas com dietas baixas em PB (18% PB), suplementadas com Gly.

Contudo, Namroud et al. (2010) não encontraram melhoria no desempenho de frangos de corte no período de 10 a 25 dias de idade ao suplementar com Gly e Glu uma

dieta com 17% de PB. Com a redução drástica do nível protéico (6 p.p), estes autores tiveram que suplementar a ração teste com nove AA sintéticos, situação que poderia causar um desequilíbrio no “pool” de AA disponíveis na célula para a síntese de proteínas, uma vez que os AA sintéticos podem alcançar mais rápido a célula que os AA provenientes de fontes intactas (Austic et al., 2000; Aftab et al., 2006; Namroud et al., 2008). Resultando em falta de alguns AA para o anabolismo protéico nesse determinado momento, induzindo a oxidação dos AA disponíveis em amônia. É importante ressaltar que altos níveis circulantes de amônia são tóxicos para os tecidos animais (Nelson & Cox, 2000) e, portanto, podem prejudicar os parâmetros produtivos das aves. A suplementação de Gly, em dietas baixas em PB e com uma alta quantidade de AA sintéticos, pode melhorar o desempenho, mas não completamente, devido aos efeitos negativos sobre metabolismo tecidual, originados pelas altas concentrações circulantes de amônia no sangue (Namroud et al., 2008).

Aos 21 dias, a dieta com a relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) resultou em aves com altos níveis séricos de ácido úrico, sendo estes semelhantes aos encontrados nas aves que receberam a dieta controle (Tabela 3). Este resultado pode indicar um desbalanço aminoacídico na dieta T4.

Sabe-se que a Thr é uma possível precursora de Gly (Baker & Sugahara, 1970; Corzo et al., 2009). Neto (2010) afirmou que níveis de Gly+Ser total acima de 2% exercem um efeito poupador da Thr, visto que encontrou menores exigências de Thr para o melhor desempenho e composição corporal, quando a Gly foi suplementada. Assim, em dietas com redução protéica e deficientes em Gly+Ser (T4), a Thr poderia ser catabolizada para sintetizar Gly, diminuindo seus níveis plasmáticos.

Tabela 3. Níveis séricos de ácido úrico, uréia, proteínas totais (PT) e albumina de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 dias de idade

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Acido Úrico (mg/dL)	Uréia (mg/dL)	PT (g/dL)	Albumina (g/dL)
T1: Controle (22% PB)	147	18,26±1,17 ^a	18,71±0,84	3,34±0,12 ^a	1,57±0,10 ^a
T2: -2 p.p PB	137	13,11±0,61 ^b	15,12±0,87	3,12±0,03 ^{ab}	1,36±0,03 ^{ab}
T3: -2 p.p PB	147	13,31±0,29 ^b	17,47±0,69	3,30±0,05 ^a	1,40±0,03 ^a
T4: -3 p.p PB	127	15,11±0,05 ^{ab}	16,90±2,12	2,87±0,07 ^b	1,18±0,03 ^b
T5 : -3 p.p PB	137	12,55±1,11 ^b	15,91±0,38	3,23±0,11 ^{ab}	1,36±0,04 ^{ab}
T6: -3 p.p PB	147	13,87±0,53 ^b	16,52±0,68	3,27±0,13 ^{ab}	1,57±0,10 ^{ab}
CV (%)		21,30	14,45	11,32	8,18

^{ab} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.05).

A diminuição dos níveis circulantes de Thr leva aos outros AA dietéticos agora em excesso, a serem desaminados e o nitrogênio resultante (amônia) seja excretado como ácido úrico. A transformação de amônia em ácido úrico tem um alto gasto de energia metabólica, processo que consome entre 3,75 e 4,5 moléculas de ATP por átomo de nitrogênio excretado (Mapes & Krebs, 1978). Portanto, o ácido úrico ao demandar um alto gasto energético, desvia o uso da energia para sua síntese, sendo a energia não utilizada para o acréscimo de proteína nos tecidos, de tal modo, refletindo negativamente no desempenho das aves. Isto explica o fato de que a dieta com redução em três p.p da PB, contendo a relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% resultasse em aves com pior conversão alimentar que os frangos que receberam a dieta controle.

Aves alimentadas com dietas baixas em PB contendo as relações de Gly+Ser:Lys dig de 137 e 147% apresentaram menor ($P < 0,05$) concentração de ácido úrico que as aves dos outros tratamentos, e indicando que a suplementação de Gly+Ser em dietas baixas em PB pode melhorar a eficiência de utilização dos outros AA presentes na dieta. Conforme Powell et al. (2009) e posteriormente Neto (2010), a Gly melhora a utilização de todos os AA dietéticos, devido à seu importante papel na formação de ácido úrico.

Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) os níveis séricos de uréia nos frangos de corte. Embora as aves não apresentem ciclo da uréia por não ter a enzima carbamil fosfato sintetase em seu metabolismo, níveis razoáveis de uréia são encontrados no soro das aves (Steven, 1996). Do mesmo modo, Donsbough et al. (2010) afirmaram que níveis séricos de uréia, ácido úrico e amônia podem ser utilizados como indicadores da eficiência de utilização dos AA nos frangos de corte.

Aos 21 dias, dietas com redução em três p.p da PB, com a relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% resultaram em aves com menor ($P < 0,05$) concentração sérica de proteínas totais e albumina que as aves alimentadas com a dieta controle. O aumento da relação de Gly+Ser:Lys dig de 127 para 137 e 147% nestas dietas (T4 e T5, respectivamente), mediante a respectiva suplementação de Gly, permitiu aumentar ($P < 0,05$) a concentração sérica de proteínas totais e albumina, ao nível da dieta controle.

A concentração sérica de proteínas totais pode ser utilizada como um indicativo da proporção de síntese protéica celular, enquanto que a albumina é a principal proteína de transporte no soro dos animais por sua eficiente capacidade de estabelecer ligações reversíveis com várias substâncias (Nelson & Cox, 2000). Possivelmente, relações adequadas de Gly+Ser:Lys são necessárias para otimizar a síntese de proteínas em todos

os tecidos. Ngo et al. (1977) encontraram que a suplementação Gly incrementou o peso, síntese de proteínas, DNA e RNA no fígado de frangos de corte na fase de 5 a 10 dias de idade.

Aos 21 dias, dietas com redução de três p.p da PB (T4, T5 e T6) resultaram em cama com menor ($P < 0,05$) teor de nitrogênio e emissão de amônia que a cama das aves que receberam a dieta controle, sendo esta redução em média de 24 e 37% para o teor de nitrogênio e a emissão de amônia da cama, respectivamente (Tabela 4).

Na indústria avícola, já foi demonstrado que dietas com menores níveis protéicos, acompanhadas da correta suplementação de AA sintéticos, é um método efetivo para decrescer a excreção de nitrogênio e gerar consideráveis efeitos ambientais benéficos (Jacob et al., 1994; Aletor et al., 2000; Roberts et al., 2007; Applegate et al., 2008).

Ferguson et al. (1998) encontraram que a redução de dois p.p da PB na dieta de frangos de corte, decresceu a concentração de amônia e nitrogênio da cama em 31 e 16,5%, respectivamente. Schutte et al. (1993) relataram que, para cada p.p de decréscimo da PB dietética, a excreção do nitrogênio é reduzida em 10%.

Tabela 4. Emissão de amônia, umidade e teor de nitrogênio da cama de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 dias de idade

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Emissão de amônia (mg NH ₃ /100 g MS)	Umidade (%)	Nitrogênio (%)
T1: Controle (22% PB)	147	2,22±0,24 ^a	20,23±0,42	2,81±0,04 ^a
T2: -2 p.p PB	137	1,75±0,27 ^{ab}	21,79±1,66	2,43±0,02 ^{ab}
T3: -2 p.p PB	147	1,80±0,06 ^{ab}	20,96±0,42	2,35±0,06 ^{ab}
T4: -3 p.p PB	127	1,35±0,09 ^b	21,53±0,64	2,20±0,11 ^b
T5 : -3 p.p PB	137	1,40±0,04 ^b	19,26±0,81	2,11±0,09 ^b
T6: -3 p.p PB	147	1,44±0,08 ^b	22,33±1,62	2,17±0,07 ^b
CV (%)		21,30	11,32	7,46

^{ab} Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os túbulos renais das aves secretam o ácido úrico na urina, removendo este composto orgânico do sangue, sendo posteriormente excretado nas excretas (Larbier & Leclercq, 1994). Portanto, menor quantidade sérica de ácido úrico esta relacionada com menor excreção deste composto nas excretas.

As enzimas bacterianas quebram o ácido úrico em amônia, sendo este gás liberado no ar (Mackie et al., 1998). Com a redução da PB da dieta menor quantidade de nitrogênio total e ácido úrico são excretados, assim, as bactérias têm menor potencial

para degradar as diferentes formas de nitrogênio da excreta em amônia (Ferguson et al., 1998).

Era esperado que a dieta com redução de três p.p da PB, contendo a relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) resultasse em aves com alto teor de nitrogênio e emissão de amônia da cama, uma vez que esta dieta foi a única que resultou em frangos com alta concentração sérica de ácido úrico, na mesma proporção ao observado nas aves alimentadas com a dieta controle. Contudo, a cama das aves submetidas à dieta T4 teve menor ($P < 0,05$) teor de nitrogênio e emissão de amônia que a cama dos pintos alimentados com ração controle.

A diminuição do pH das excretas de frangos de corte está fortemente correlacionado com a redução dos níveis protéicos da dieta (Ferguson et al., 1998; Namroud et al., 2008). Isto poderia explicar o baixo teor de nitrogênio e a emissão de amônia na cama das aves submetidas à dieta T4 (redução de três p.p da PB) apesar de seu desbalanço aminoacídico (deficiente em Gly), visto que o aumento da acidez das excretas pode reduzir a produção de amônia, ao inibir o crescimento das bactérias que hidrolisam o ácido úrico para sintetizar este gás (Taraba et al., 1980). Igualmente, com a diminuição do pH também é reduzido consideravelmente a amônia não ionizada (NH_3) disponível para volatilização (Ferguson et al., 1998). O íon amônio (NH_4), chamado de amônia ionizada, é a forma dominante de nitrogênio nas excretas de aves, o qual é convertido em NH_3 , forma na qual o gás difunde-se do esterco para a atmosfera pela volatilização (Oviedo-Rondón, 2008).

A Gly é essencial na formação das penas, representando 15% da proteína das plumas e 30% dos AA do colágeno (Gregg & Rogers, 1986), sendo que os AA mais abundantes das penas são a Gly, Ser e Pro (Schroeder et al., 1955).

Embora algumas pesquisas reportem mau empenamento em aves submetidas a dietas deficientes em Gly+Ser (Hegsted et al., 1941; Fisher et al., 1955; Graber & Baker, 1973) ou em rações com baixo nível protéico (Twining et al., 1976; Melo et al., 1999; Lopez-Coello, 2003), no presente estudo, os tratamentos não influenciaram o comprimento das penas nem o escore de empenamento ($P > 0,05$) aos 21 e 28 dias de idade (Tabela 5 e 6). Possivelmente, os níveis de Gly+Ser necessários para o desenvolvimento das penas são menores que os requeridos para o crescimento das aves.

Tabela 5. Comprimento de penas (cm) do Dorso e Coxa de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 e 28 dias de idade

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Dorso		Perna	
		21d	28d	21d	28d
T1: Controle (22% PB)	147	2,58±0,14	3,90±0,20	4,44±0,29	6,18±0,42
T2: -2 p.p PB	137	2,27±0,29	3,77±0,15	5,06±0,11	6,54±0,31
T3: -2 p.p PB	147	2,57±0,28	3,72±0,12	4,39±0,23	6,17±0,39
T4: -3 p.p PB	127	2,04±0,18	3,34±0,29	4,57±0,12	6,30±0,33
T5 : -3 p.p PB	137	2,63±0,10	3,58±0,16	4,31±0,24	6,12±0,36
T6: -3 p.p PB	147	2,52±0,11	4,07±0,10	4,85±0,07	6,98±0,05
CV (%)		18,07	10,86	9,53	11,63

Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 6. Escore de empenamento de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig aos 21 e 28 dias de idade¹

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Dorso	Asa	Perna	Peito
		21 dias			
T1: Controle (22% PB)	147	2,96±0,22	3,60±0,23	3,16±0,10	3,56±0,12
T2: -2 p.p PB	137	3,40±0,30	3,60±0,28	3,36±0,18	3,64±0,26
T3: -2 p.p PB	147	3,12±0,25	3,40±0,21	3,16±0,16	3,48±0,05
T4: -3 p.p PB	127	3,04±0,40	3,48±0,36	3,12±0,40	3,16±0,29
T5 : -3 p.p PB	137	2,96±0,26	3,40±0,32	3,16±0,21	3,44±0,24
T6: -3 p.p PB	147	3,36±0,09	3,76±0,17	3,64±0,21	3,68±0,17
CV (%)		11,47	12,94	10,76	11,30
28 dias					
T1: Controle (22% PB)	147	4,28±0,14	4,84±0,07	4,56±0,17	4,96±0,04
T2: -2 p.p PB	137	4,64±0,22	4,92±0,08	4,68±0,10	4,96±0,04
T3: -2 p.p PB	147	4,56±0,10	5,00±0,00	4,76±0,12	4,88±0,12
T4: -3 p.p PB	127	4,36±0,26	4,80±0,13	4,68±0,14	4,76±0,19
T5 : -3 p.p PB	137	4,60±0,13	4,92±0,08	4,60±0,11	4,92±0,08
T6: -3 p.p PB	147	4,84±0,10	5,00±0,00	4,96±0,04	4,92±0,05
CV (%)		8,24	3,44	5,67	4,71

Teste de Tukey ($p > 0,05$).

¹Escore de 0 a 5, -1= baixo empenamento; -5= alto empenamento

Novas pesquisas são necessárias para estudar a relação da Gly+Ser sobre empenamento, visto que, os estudos disponíveis têm mais de três décadas, pesquisas que ainda formulavam com base em AA totais e não digestíveis.

Aos 42 dias, aves que receberam as dietas com redução de três p.p da PB e uma relação de Gly+Ser:Lys dig de 127% (T4) na fase inicial, não conseguiram restaurar a conversão alimentar na proporção das aves alimentadas com a dieta controle, inclusive estas aves sendo alimentadas com uma ração convencional na fase de 21 a 42 dias de idade (Tabela 7). Assim, é primordial fornecer relações de Gly+Ser dig maiores de 127% em dietas baixas em PB para frangos de corte na fase inicial, para evitar a queda do desempenho das aves aos 42 dias.

O rendimento de carcaça, gordura abdominal e de cortes não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos aos 42 dias de idade (Tabela 7).

Tabela 7. Desempenho de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig na fase inicial (1-21 dias)¹

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)	Conversão alimentar (g/g) ²
T1: Controle	147	2553,82±56,69	4390,53±86,13	1,719±0,012 ^a
T2: -2 p.p PB	137	2549,48±60,06	4402,08±94,12	1,758±0,012 ^{ab}
T3: -2 p.p PB	147	2609,09±34,17	4441,11±36,31	1,733±0,018 ^{ab}
T4: -3 p.p PB	127	2461,09±41,03	4382,56±56,93	1,814±0,029 ^b
T5 : -3 p.p PB	137	2497,78±59,48	4463,40±90,89	1,787±0,021 ^{ab}
T6: -3 p.p PB	147	2472,80±20,73	4160,26±59,84	1,712±0,019 ^a
CV (%)		4,29	3,78	2,48

Teste de Tukey ($p > 0,05$).

¹aves receberam ração convencional na fase de 21 a 42 dias de idade (19% PB - relação de Gly+Ser:Lys dig de 147%).

²valores corrigidos pela mortalidade.

Tabela 8. Rendimento de carcaça, gordura abdominal e cortes de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+Ser:Lys dig na fase inicial (1-21 dias)¹

Tratamentos	Gly+Ser:Lys (%)	Carcaça (%)	Gordura Abdominal (%)	Asa (%)	Perna (%)	Peito (%)
T1: Controle	147	72,71±0,35	2,69±0,21	3,60±0,23	3,16±0,10	3,56±0,12
T2: -2 p.p PB	137	71,79±0,74	2,41±0,17	3,60±0,28	3,36±0,18	3,64±0,26
T3: -2 p.p PB	147	71,73±0,29	2,55±0,09	3,40±0,21	3,16±0,16	3,48±0,05
T4: -3 p.p PB	127	70,49±0,42	2,61±0,21	3,48±0,36	3,12±0,40	3,16±0,29
T5 : -3 p.p PB	137	71,50±0,52	2,55±0,04	3,40±0,32	3,16±0,21	3,44±0,24
T6: -3 p.p PB	147	71,38±0,40	2,30±0,13	3,76±0,17	3,64±0,21	3,68±0,17
CV (%)		1,50	13,89	12,94	10,76	11,30

Teste de Tukey ($p > 0,05$).

¹aves receberam ração convencional na fase de 21 a 42 dias de idade (19% PB - relação de Gly+Ser:Lys dig de 147%).

Atualmente, a Gly é considerada como um AA limitante para frangos de cortes nas fases iniciais de crescimento (Berres et al., 2010), particularmente em dietas com redução dos níveis protéicos (Parr & Summers, 1991) e formuladas exclusivamente de ingredientes vegetais (Corzo et al., 2004b). Igualmente, Waguespack et al. (2009) consideraram a Gly como o quarto AA limitante em frangos de corte na fase de 1 a 18 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB.

Não há dúvida que a diminuição da PB no presente estudo, foi o principal fator em minimizar a excreção de nitrogênio das aves e a liberação de amônia da cama,

entretanto, deve-se ressaltar que a suplementação de Gly favoreceu esse processo, não só por compor a molécula de ácido úrico, mas também por melhorar a eficiência de utilização dos AA, ao exercer um efeito poupador da Thr dietética. Esta afirmação é válida, uma vez que várias pesquisas encontraram aumento na excreção de nitrogênio e diminuição em sua eficiência de utilização, após suplementar dietas baixas em PB com alguns AANE, diferentes à Gly. (Fancher & Jensen, 1989a, Fancher & Jensen, 1989b; Aletor et al., 2000).

Relações adequadas de Gly+Ser:Lys dig poderiam possibilitar a utilização de níveis protéicos mais baixos nas rações para frangos sem prejudicar o desempenho dos animais, uma vez que, otimizaria a utilização dos AAE e AANE contidos na dieta, diminuindo o uso dos AA como fonte energética e aumentando sua utilização para síntese protéica. Deste modo, reduzindo a excreção de nitrogênio e as emissões de amônia nas explorações avícolas, este benefício ambiental poderia ser de soma importância para o setor, sabendo que dentro das atividades agropecuárias, a avicultura está entre os maiores contribuintes das emissões de amônia atmosférica global.

Conclusões

A suplementação de AAE, mantendo relações de Gly+Ser:Lys dig não inferiores de 137%, permite reduzir a PB da dieta em três p.p sem comprometer o desempenho, empenamento nem os parâmetros séricos de frangos de corte na fase inicial, ao mesmo tempo, que também promove a redução da excreção do nitrogênio e emissão de amônia da cama.

Referências bibliográficas

- APPLEGATE, T.J.; POWERS, W.J.; ANGEL, R.; et al. Effect of amino acid formulation and acid supplementation on performance and nitrogen excretion in turkey toms. **Poultry Science**, v.87, p.514-520, 2008.
- AFTAB, U.; ASHRAF, M., & JIANG, Z. Low protein diets for broilers. **World Poultry Science Journal**, v.62, p.688-701, 2006.
- ALETOR, V. A.; HAMID, I. I.; NIEB, E.; et al. Low protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition y efficiencies of nutrient utilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.80, p.547-554, 2000.
- ANGEL, R., & POWERS, W. **Broiler Production and the Environment: 2006**. Bulletin No. EB368. College of Agriculture and Natural Resources, University of Maryland, Baltimore, 2006. 34p.
- AUSTIC, R.E.; KEENE, J.C.; YUAN, J.H. Effect of dietary protein level on amino acid imbalance and toxicity. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. **Proceedings...** Rochester, NY. October 24-26, 2000.
- BAKER, D. H., & SUGAHARA, M. Nutritional investigation of the metabolism of Glycine and its precursors by chicks fed a crystalline amino acid diet. **Poultry Science**, v.49, p.756-760, 1970.
- BEDFORD, M.R., & SUMMERS, J.D. Influence of the ratio of essential to nonessential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. **British Poultry Science**, v.26, p.483-451, 1985.
- BERRES, J. ; VIEIRA, S. L.; DOZIER III, W. A.; et al. Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, glycine, and glutamic acid. **Journal of Applied Poultry Research**. v.19, p.68-79, 2010.
- BREGENDAHL, K.; SELL, J.L. & ZIMMERMAN, D.R. Effect of low protein diet on performance and body composition of broiler chicks. **Poultry Science**, v.81, p.1156-1167, 2002.
- CARLILE, F.S. Ammonia in poultry houses: a literature review. **World Poultry Science Journal**. v.40, p.99-113, 1984.
- COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Níveis dietéticos de proteína bruta para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1498-1505, 2001.
- CORZO, A.; FRITTS, C. A. ; KIDD, M. T.; et al. Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.118, p.319-327, 2004a.
- CORZO, A.; KIDD, M. T.; Burnham, D. J.; et al.. Dietary Glycine need of broiler chicks. **Poultry Science**, v.83, p.1382-1384, 2004b.
- CORZO, A. Valine and isoleucine: their importance in broiler feed formulation. **Aminonews**. v.9, p.15-21. 2007a.
- CORZO, A.; KIDD, M.; DOZIER III, W.A.; et al. Marginality and needs of dietary valine for broilers fed certain all-vegetable diets. **Journal of Applied Poultry Research**. v.16, p.546-554, 2007b.
- CORZO, A. R.; LOAR II, E.; Kidd, M. T. Limitations of dietary isoleucine and valine in broiler chick diets. **Poultry Science**. v.88, p.1934-1938, 2009.
- DEAN, D.W. **Amino acid requirements and low crude protein, amino acid supplemented diets for swine and poultry**. 2005. 120p. Thesis (Doctor of

- Philosophy) - Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana.
- DEAN, D.W.; BIDNER, T.D. & SOUTHERN, L.L. Glycine supplementation of low protein, amino acid-supplemented diets supports equal performance of broiler chicks. **Poultry Science**, v.85, p.288-296, 2006.
- DONHAM, K. J.; CUMRO, D.; REYNOLDS, S.J. et al. Dose-response relationships between occupational aerosol exposures and cross-shift declines of lung function in poultry workers: recommendations for exposure limits. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v.42, n.3, p.260-269, 2000.
- DONBOUGH, A. L.; POWELL, S.; WAGUESPACK, A.; et al. Uric acid, urea, and ammonia concentrations in serum and uric acid concentration in excreta as indicators of amino acid utilization in diets for broilers. **Poultry Science**, v.89, p.287-294, 2010.
- EDENS, F.; PARKHURST, C.R.; HAVENSTEIN, G.B. Housing and selenium influences on feathering in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**. v.10, p.128-134, 2001.
- FANCHER, B.I., & JENSEN, L.S. Influence on performance of three to six-week-old broilers of varying dietary protein contents with supplementation of essential amino acids requirements. **Poultry Science**, v.68, p.113-123, 1989a.
- FANCHER, B.I., & JENSEN, L.S. Male broiler performance during the starting and growing periods as affected by dietary protein, essential amino acids, and potassium levels. **Poultry Science**, v.68, p.1385-1395, 1989b.
- FERGUSON, N.S.; GATES, R.S.; TARABA, J.L.; et al. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration and litter composition in broiler. **Poultry Science**, v.71, p.1481-1487, 1998.
- FISHER, H.; SCOTT, H. M. & JOHNSON, B. C. The role of Glycine in chick nutrition. **Journal Nutrition**, v.55, p.415-430, 1955.
- GIBSON, N.R.; JAHOR, F.; WARE, L.; et al. Endogenous Glycine and tyrosine production is maintained in adults consuming a marginal-protein diet. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, p.511-518, 2002.
- GRABER, G., & BAKER, D. H. The essential nature of Glycine and proline for growing chickens. **Poultry Science**, v.52, p.892-896, 1973.
- GREGG, K. & ROGERS, G.E. **Feather keratin: composition, structure and biogenesis**. In *Biology of the Integument*, vol. 2, ed. J. Bereiter-Hahn, A.G. Matoltsy & K.S. Richards, pp. 666-94. Berlin: Springer Verlag, 1986.
- HAN, Y.; SUZUKI, H.; PARSONS, C.M. Amino acid fortification of a low protein corn-soybean meal diet for maximal weight gain and feed efficiency of the chick. **Poultry Science**, v.71, p.1168-1178, 1992.
- HEGER, J., & PACK, M. Effects of Glycine + serine on starting broiler performance as influenced by dietary crude protein levels. **Agribiological Research**, v.49, p.257-265, 1996.
- HEGER, J. Essential to non-essential amino acid ratios. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2.ed. Edinburgh: CABI Publishing, 2003. p.103-124.
- HEGSTED, D.M.; BRIGGS, G. M.; ELVEHJEM, C. A.; et al. The role of arginine and Glycine in chick nutrition. **Journal of Biological Chemistry**, v.140, p.191-200, 1941.
- HERNANDES; R., & CAZETTA, J.O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.824-829, 2001.

- HINZ, T.; LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: Methods. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.70, n.1, p.111-9, 1998.
- HUSSEIN, A.S.; CANTOR, A.H.; PESCATORE, A.J. et al. Effect of low protein diets with amino acid supplementation on broiler growth. **Journal Applied Poultry Research**, v.10, p.354-362, 2001.
- JACOB, J. P.; BLAIR, R.; BENETT, D. C.; et al. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. p.137. In: 29th Pac. Northwest Animal Nutrition Conference. **Proceedings...** Vancouver, British Columbia, Canada, 1994.
- JIANG, Q.; WALDROUP, P. W.; FRITTS, C.A. Improving utilization of diets low in crude protein for broiler chicks, 1. Evaluation of specific amino acid supplementation to diets low in crude protein. **International Journal Poultry Science**, v.4, p.115-122, 2005.
- KERR, B.J., & KIDD, M.T. Amino acid supplementation of low-protein broiler diets: 1. Glutamic acid and indispensable amino acid supplementation. **Journal of Applied Poultry Research**, v.8, p.298-309, 1999a.
- KERR, B.J.; KIDD, M.T. Amino acid supplementation of low-protein broiler diets. 2. Formulation on an ideal amino acid basis. **Journal of Applied Poultry Research**, v.8, p.298-309, 1999b.
- KIDD, M. T. & HACKENHAAR, L. Dietary threonine for broilers: dietary interactions and feed additive supplement use. **CAB Reviews**. 1: No. 005, 2005.
- KIDD, M. T.; HACKENHAAR, L. Dietary threonine for broilers: Dietary interactions and feed additive supplement use. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, 1, No. 005, 6 pp., 2006.
- KRISTENSEN, H. H., & WATHES, C. M. Ammonia and poultry welfare: a review. **World Poultry Science Journal**. v.56, p.235–245, 2000.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: University Press, 1994. 305p.
- LECLERCQ, B.; CHAGNEAU, A.A.; COCHARD, T. et al. Comparative response of genetically lean and fat chickens to lysine, arginine, and non-essential amino acid supply. I. Growth and body composition. **British Poultry Science**, v.35, p.687-696, 1994.
- LOPEZ-COELLO, C. Potential causes of broiler feathering problems. In: **Feathering manual**. Novus International, St. Louis, MO, 2003, p.1–46.
- MACKIE, R.I.; STROOT, P. G., & VAREL, V. H. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1331–1342, 1998.
- MAPES, J.P., & KREBS, H.A. Rate-limiting factors in urate synthesis and gluconeogenesis in avian liver. **Biochemistry**, v.172, p.193-203, 1978.
- MCGILL, E. R. **Effects of low crude protein diets with amino acid supplementation on broiler performance in the starter period**. 2009. p.108. Thesis (Master of Science) - University of Missouri, Columbia.
- MELO, J. E.; MIQUEL, M. C.; MALLO, G.; et al. Effects of dietary crude protein on slaughter yield of selected broiler stocks. **Journal of Applied Genetics**, v.40, p.219–231, 1999.
- MILES, D. M.; BRANTON, S. L., & LOTT, B. D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. **Poultry Science**. v.83, p.1650–1654, 2004.

- MOORE, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. Reducing phosphorus run off and improving poultry production with alum. **Poultry Science**. v. 78, p. 692-698, 1999.
- MORAN, E.T. Jr., BUSHONG, R.D. & BILGILI, S.F. Reducing dietary crude protein for broilers while satisfying amino acid requirements by least-cost formulation: live performance, litter composition, and yield of fast-food carcass cuts at six weeks. **Poultry Science**, v.71, p.1687-1694, 1992.
- NAHM, K.H. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. **World's Poultry Science Journal**, v.63, n.4, p.625-654, 2007.
- NAMROUD, N. F.; SHIVAZAD, M.; ZAGHARI, M. Effects of Fortifying Low Crude Protein Diet with Crystalline Amino Acids on Performance, Blood Ammonia Level, and Excreta Characteristics of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.87, p.2250-2258, 2008.
- NAMROUD, N.F.; SHIVAZAD, M.; ZAGHARI, M. Effects of Glycine and glutamic acid supplementation to low protein diets on performance, thyroid function and fat deposition in chickens. **South African Journal of Animal Science**, v.40, n.3, p.238-244, 2010.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Amino acid oxidation and the production of urea**. In: Lehninger principles of biochemistry. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.486-515.
- NETO, R.C L. **Níveis de treonina, glicina+serina e suas relações para pintos de corte**. 2010. 107f. Tese (Doutorado em Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba.
- NGO, A.; COON, C. N. & BEECHER, G. R. Dietary Glycine requirement for growth and cellular development in chicks. **Journal of Nutrition**. v.107, p.1800–1808, 1977.
- OMLAND, O. Exposure and respiratory health in farming in temperate zones—A review of the literature. **Annals of agricultural and environmental medicine**, v.9, p,119–136, 2002.
- OVIEDO-RONDÓN, E. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.239-252, 2008.
- PARR, J.F. & SUMMERS, J.D. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**, v.70, p.1540-1549, 1991.
- PESTI, G. M. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 8, p.477–486, 2009.
- PINCHASOV, Y.; MENDONCA, C.X. & JENSEN, L.S. Broiler chick response to low protein diets supplemented with synthetic amino acid. **Poultry Science**, v.69, p. 1950-1955, 1990.
- POWELL, S.; BIDNER, T. D., & SOUTHERN, L. L. The interactive effects of Glycine, total sulfur amino acids, and lysine supplementation to corn-soybean meal diets on growth performance and serum uric acid and urea concentrations in broilers. **Poultry Science**, v.88, p.1407-1412, 2009.
- ROBERTS, S. A.; XIN, H.; KERR, B. J.J.; et al. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. **Poultry Science**, v.86, p.1625–1632, 2007.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

- SCHROEDER W.A.; KAY, L.M., LEWIS B.; et al. The amino acid composition of certain morphologically distinct parts of white turkey feathers, and of goose feather barbs and goose down. **Journal of the American Chemical Society**, v.77, p.3901-3908, 1955.
- SCHUTTE, J.B.; SMINK, W.; PACK, M. Requirement of young broiler chicks for Glycine plus serine. **Archiv Fur Geflugelkunde**. v.61, n.1, p.43-47, 1997.
- SI, J.; FRITTS, C.A.; BURNHAM, D.J.; et al. Extent to which crude protein may be reduced in corn-soybean meal broiler diets through amino acid supplementation. **International Journal Poultry Science**, v.3, n.1, p.46-50, 2004.
- SILVA, D.J., & Queiróz, A.C.D. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa:UFV, 2004. 235p.
- SMITH, M.O. Parts yield of broilers reared under cycling high temperatures. **Poultry Science**, v.72, p. 1146-1150, 1993.
- STEVENS, L. **Avian biochemistry and molecular biology**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1996.
- TARABA, J. L.; DRIVER, R. H.; ROSS, I.J.; et al. Microbial Protein Production from Anaerobically Fermented Poultry Manure. ASAE Paper No. 80-4548, In: Winter Meeting of ASAE. **Proceedings...** Chicago, IL, 1980.
- TARGOWSKI, S.P.; KLUCINSKI, W.; BABIKER, S.; et al. Effect of ammonia on in vivo and in vitro immune responses. **Infection and Immunity**. v.43, n.1, p.289-293, 1984.
- TWINING, P. V.; THOMAS, O. P., & BOSSARD, E. H. The number of feathers on litter; another criterion for evaluating the adequacy of broiler diets. **Poultry Science**, v.55, p.1200-1207, 1976.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8. Viçosa, MG: 1997. 150p.
- WAGUESPACK, A. M.; POWELL, S.; BIDNER, T. D.; et al. Effect of incremental levels of l-lysine and determination of the limiting amino acids in low crude protein corn-soybean meal diets for broilers. **Poultry Science**, v.88, p.1216-1226, 2009.
- WALDROUP, P. W. Feeding programs for broilers: The challenge of low protein diets. p.119-134. In: 47th Annu. Maryland Nutrition Conference. **Proceedings...** Maryland Feed Ind. Counc. Inc., College Park, MD. 2000.
- WALDROUP, P.W.; JIANG, Q.; FRITTS, C.A. Effects of Glycine and Threonine supplementation on performance of broiler chicks fed diets low in crude protein. **International Journal Poultry Science**, v.4, p.250-257, 2005.
- WALDROUP, P.W. Do Crude Protein Levels Really Matter?. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. **Proceedings...** Denpasar, Indonesi, 2007.
- WYLIE, L.M.; ROBERTSON, G.W.; MACLEOD, M.G. et al. Effects of ambient temperature and restricted feeding on growth of feathers in growing turkeys. **British Poultry Science**. v.42, p.449-455, 2001.

IV - Exigência de glicina+serina digestível em dietas com baixo nível protéico para frangos de corte na fase inicial: efeito do excesso de treonina

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi determinar as exigências de glicina+serina (Gly+Ser) digestível (dig) em dietas com baixo teor de PB e, com níveis adequados e em excesso de treonina (Thr) dig para frangos de corte na fase inicial. Foram utilizados 1.088 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-Vantress®, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x2, totalizando oito tratamentos, com quatro repetições e 34 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de Gly+Ser dig (1,67; 1,81; 1,95 e 2,09%) e dois níveis de Thr dig (0,83 e 0,96%), correspondentes ao 100 e 115% das exigências de Thr, respectivamente. Aos 21 dias, foi observado interação ($P < 0,02$) entre os níveis Gly+Ser e Thr dig nas aves alimentadas com baixa PB para a conversão alimentar. Aves alimentadas com 1,67% de Gly+Ser dig e 0,96% de Thr tiveram conversão alimentar semelhante que aquelas alimentadas com 1,81; 1,95 e 2,09% de Gly+Ser dig contendo 0,83% de Thr. Houve um efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de Gly+Ser dig dentro as dietas com 0,83% de Thr para a conversão alimentar e conteúdo de creatina nos músculos peitorais, sendo estimada uma exigência de 1,91 e 1,94% de Gly+Ser dig, respectivamente. Entretanto, a adição de Gly dig piorou a conversão alimentar linearmente ($P < 0,01$) nas dietas com 0,96% de Thr. O peso relativo do peito e níveis séricos de ácido úrico aumentaram linearmente ($P < 0,05$) nas dietas com 0,83 e 0,96% de Thr, respectivamente, conforme aumentaram os níveis de Gly+Ser dig. Dietas com 0,96% de Thr dig prejudicaram ($P < 0,05$) a conversão alimentar, o peso relativo do peito, o conteúdo de creatina nos músculos peitorais, níveis séricos de ácido úrico e amônia nas aves em comparação com as dietas contendo 0,83% de Thr. As exigências de Gly+Ser dig em dietas baixas em PB parecem ser maiores às exigências em dietas com PB normal. Dietas com baixos níveis de Gly+Ser dig (1,67%) em combinação com altos níveis de Thr dig (0,96%) resultaram em semelhante custo em ração para produzir um kilo de frango vivo às dietas contendo 1,67, 1,81 e 1,95% de Gly+Ser dig e 0,83% de Thr. Um excesso de Thr pode evitar a queda do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e deficientes em Gly, no entanto, a utilização dessa estratégia dependerá do retorno econômico, ligado ao valor comercial destes dois aminoácidos (AA) na forma sintética.

Palavras-chave: aminoácidos, desempenho, glicina, treonina

IV- Glycine plus serine requirements of broiler chicks fed low-crude protein starter diet: the effect of excess threonine

ABSTRACT - A study was carried out to determine the digestible (dig) glycine+serine (Gly+Ser) requirement in a low-CP diet of broiler chicks from adequate and excess levels of dietary threonine (Thr) during the starter period. A total of 1,088 one-day-old male chicks were assigned to eight treatments with four replicates of 34 birds each. The experiment was a 4×2 factorial arrangement, with four dietary levels of dig Gly+Ser (1.67; 1.81; 1.95 and 2.09%) and two dietary levels of dig Thr (0.83 and 0.96%), corresponding to 100 and 115% of the Thr requirement. At day 21, interaction ($P < 0.02$) was observed for feed:gain ratio. Feed:gain ratio of chicks fed with 1.67% dig Gly+Ser and 0.96% Thr was equal to that of birds fed with 1.81; 1.95 and 2.09% dig Gly+Ser containing 0.83% of Thr. A quadratic effect ($P < 0.01$) of Gly+Ser levels in diets containing 0.83% digestible Thr was observed on feed:gain ratio and pectoral muscle creatine content. The dietary Gly+Ser level necessary to these parameters was estimated to be at 1.91 and 1.94%, respectively. However, Gly+Ser addition increased feed:gain ratio linearly ($P < 0.01$) in low CP containing 0.96% Thr. The relative weight of breast and serum uric acid increased linearly ($P < 0.05$) from adequate and excess levels of dietary Thr, respectively, as dietary Gly+Ser increased. Diets with 0.96% dig Thr impaired feed:gain ratio, the relative weight of breast, pectoral muscle creatine content, serum uric acid and ammonia of the birds as compared with diets containing 0.83% Thr. These results suggest that requirements for Gly+Ser are inadequate in diets with low CP. Diets with low levels of dig Gly+Ser (1.67%) in combination with high levels of dig Thr (0.96%) resulted in similar feed cost per kilogram of live weight than the diets containing 1.67, 1.81 and 1.95 of dig Gly+Ser and 0.83% of Thr. Moderate excess of Thr may become a significant source of Gly in deficient dietary levels of Gly, however, the use of this strategy would depend of the economic return associated with the price of these two AA in synthetic form.

Key-words: amino acids, glycine, threonine, performance

Introdução

Pesquisas prévias indicam que em dietas práticas para frangos de corte, a base de milho e farelo de soja, formuladas com PB adequada, não precisavam ser suplementadas com aminoácidos essenciais (AAE) “menos limitantes” (Kidd & Kerr, 1996; Kidd et al., 2000; Peganova & Eder, 2002). De acordo com Rostagno et al. (2011) dietas com níveis adequados de PB, atende as exigências de Val, Ile, Arg, Leu, Gly+Ser, His e de Phe+Tyr nas aves.

Contudo, os nutricionistas se interessaram em utilizar níveis mais baixos de proteína nas rações para frangos de corte, que os normalmente usados pela indústria, devido à crescente pressão em reduzir a excreção de nitrogênio ao meio ambiente e às contínuas e drásticas mudanças no preço dos ingredientes.

Dietas com redução da PB nem sempre resultam em aves com desempenho semelhante ao proporcionado por dietas com PB adequada, mesmo sendo atendidas as exigências de todos os AA com a suplementação de AA sintéticos (Schutte et al., 1997; Bregendahl et al., 2002; Dean et al., 2006; Namroud et al., 2008). Portanto, tornou-se cada vez mais importante estabelecer o nível protéico mínimo que pode ser utilizado nas rações para frangos de corte sem prejudicar o desempenho produtivo, bem como estabelecer estratégias nutricionais a fim de atingir este objetivo.

Embora a Gly apresente uma estrutura química simplificada e seja o AA de menor massa molecular ($M = 75,06 \text{ g/mol}$), ela desempenha importantes funções no metabolismo dos animais. Participa na síntese de proteínas, DNA, RNA (Ngo et al., 1977), biossínteses de conjugados biliares (ácido glicocólico), creatina, grupo heme, purinas (Murray et al., 2003), serina (Ser), glutatona (Kidd & Kerr, 1996) entre outras. Porém, sua principal função é favorecer a excreção do excesso de nitrogênio ao fornecer dois átomos de carbono e um de nitrogênio para a síntese do ácido úrico (Stevens, 1996).

Existem múltiplas vias metabólicas que favorecem em última instância a síntese de Gly. De acordo com Baker & Sugahara (1970) a Ser, Thr, sarcosina, ácido glicólico, colina, betaína, e aminoetanol são possíveis precursores endógenos de Gly. No entanto, a eficiência de conversão destes precursores tem apresentado resultados controversos, sendo apenas padronizado que a Ser é altamente eficaz para sintetizá-la. Desta forma, os níveis destes dois AA são apresentados em conjunto em virtude do processo de interconversão existente entre eles (Rostagno et al., 2011). A Ser pela perda do carbono

beta forma Gly, assim como a Gly pela adição de um átomo de carbono é convertida em Ser (Wixom et al., 1955).

Baker & Sugahara (1970) afirmaram que a Thr poderia reduzir as exigências de Gly, uma vez que as enzimas Thr aldolase e Thr desidrogenase podem catabolizar o excesso de Thr em Gly. Porém, D'Mello (1973) assegurou que a Thr não é facilmente degradada a Gly. Possivelmente, a transaminação de AA, como Ser e Thr em Gly não seja metabolicamente eficaz para atender as exigências do AA nas aves (Corzo et al., 2004).

Heger & Pack (1996) reportaram que a exigência de Gly+Ser para o máximo ganho de peso é maior em frangos de corte alimentados com uma dieta rica em PB ($\geq 22\%$ PB) que aqueles alimentados com dietas baixas ($\leq 20\%$ PB). No entanto, outros estudos reportaram que a exigência de Gly+Ser é maior em aves alimentadas com dietas baixas em proteína (Waterhouse & Scott, 1961; Dean et al., 2006).

A Gly e a Thr apresentam relativamente baixa digestibilidade ileal, isto é devido, em parte as suas elevadas concentrações nas secreções endógenas (Huang, 1999). A Gly é um dos principais constituintes dos sais biliares, constituindo aproximadamente 90% do total dos AA da bile (Souffrant, 1991), enquanto que a Thr é o principal componente das glicoproteínas da mucina (Ball, 2002). A maior parte das proteínas endógenas que estão relacionadas aos conjugados dos sais biliares e às glicoproteínas da mucina são resistentes à hidrólise enzimática (Heger, 2003), desta forma, a Gly e Thr contida nessas secreções não são reaproveitadas pelas aves.

A exigência de manutenção para os AANE é relativamente alta (Heger, 2003), de modo que a síntese de Gly poderia não ser suficiente para suprir suas altas perdas endógenas, nem para atender suas exigências específicas para a deposição protéica e/ou suas necessidades relacionadas com as múltiplas moléculas que a constituem (ácido úrico, creatina, glutatona, colágeno, etc).

Com base nessas informações, este trabalho teve como objetivo determinar as exigências de Gly+Ser dig em dietas com baixo teor de PB e com níveis adequados e em excesso de Thr dig para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados 1.088 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem Cobb–Vantress®, provenientes de matrizes de 40 semanas, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4x2, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições e 34 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de Gly+Ser dig (1,67; 1,81; 1,95 e 2,09%) e dois níveis de Thr dig (0,83 e 0,96%), correspondentes ao 100 e 115% das exigências de Thr, respectivamente, para frangos de corte de desempenho médio (Rostagno et al., 2011).

As aves foram alojadas em um galpão convencional de 22m de comprimento e 8m de largura, com cobertura de telha francesa e lanternim, piso de concreto e paredes laterais de alvenaria com 40 cm de altura, completadas com tela de arame até o telhado. As aves foram criadas em boxes de 2,5 m². Empregou-se um programa de iluminação contínua durante a primeira semana e de 23 horas de luz diárias, até o final do período. O material utilizado como cama foi casca de arroz de primeiro uso.

Durante os primeiros dias, foram utilizados comedouros infantis (0,50 x 0,40 x 0,05m) e bebedouros do tipo copo de pressão até o quinto dia de idade, sendo estes substituídos posteriormente por comedouros tubulares e bebedouros do tipo nipple. Em cada boxe foram utilizados um círculo de proteção e uma campânula como fonte de aquecimento para os pintinhos. Água e ração foram fornecidas à vontade em um programa de alimentação dividido em duas fases, sendo a inicial (1º aos 21 dias de idade), e a de crescimento (22 aos 42 dias de idade).

A ração basal (Tabela 1) com redução dos níveis protéicos (19% de PB) foi formulada á base de milho e farelo de soja, de acordo com os valores de composição química dos alimentos e as recomendações nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio propostas por Rostagno et al. (2011), exceto para a Gly+Ser e Thr dig. As demais rações experimentais foram obtidas mediante a suplementação de Gly e Thr dig na ração basal, em substituição ao inerte.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais (1 a 21 dias)

Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Gly+Ser dig (%)	1,67	1,81	1,95	2,09	1,67	1,81	1,95	2,09
Thr dig (%)	0,83			0,96				
Ingredientes (%)								
Milho	65,32	65,32	65,32	65,32	65,32	65,32	65,32	65,32
Farelo de soja 45%	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23	27,23
Óleo de Soja	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
Fosfato Bicálcico	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Calcário	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Supl, Min – Vit, ^{1,2}	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Inerte ³	0,60	0,46	0,32	0,19	0,46	0,32	0,19	0,05
L-Lys HCL 78,5%	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
DL-Met 99%	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L-Arg 99%	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
L-Trp 98%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L-Val 98%	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
L-Ile 98%	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
L-Gly 97%	0,22	0,36	0,50	0,63	0,22	0,36	0,50	0,63
L-Thr 98%	0,23	0,23	0,23	0,23	0,37	0,37	0,37	0,37
Valores calculados								
PB, %	19,11	19,28	19,44	19,60	19,22	19,39	19,55	19,71
EM, kcal/kg	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975
Cálcio, %	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
Cloro, %	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
Fósforo Disp., %	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431	0,431
Potássio, %	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681
Sódio, %	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Arg dig, %	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342
Gly+Ser dig, %	1,673	1,809	1,941	2,072	1,673	1,809	1,941	2,072
Ile dig, %	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
Leu dig, %	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511
Lys dig, %	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242
Met+Cys dig, %	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
Val dig, %	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957
Trp dig, %	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
Thr dig, %	0,830	0,830	0,830	0,830	0,960	0,960	0,960	0,960
BED (Na+K- Cl), mEq/kg	313	313	313	313	313	313	313	313
Relação Lys (%)								
Gly+Ser dig	131	142	152	162	131	142	152	162
Thr dig	65	65	65	65	75	75	75	75

¹Suplemento Vitamínico Inicial (Conteúdo por kg de premix): Vit. A 2.916,67 UI; Vit. D3 583,33 UI; Vit.E 8.750,00 mg; Vit. K3 433,33 mg; Vit. B1 408,33 mg; Vit. B2 1.333,33 mg, Vit. B12 4.166,67 µg; Niacina 8.983,33 mg; Pantotenato Cálcico 3.166,67 mg; Ácido Fólico 200,00 mg; Biotina 25,00 mg; Colina 67.500,00; Antioxidante 1.450.000,00.

²Suplemento mineral (Conteúdo por kg de premix): Ferro 12.600,00 mg; Cobre 3.072,00 mg; Iodo 248,00 mg; Zinco 12.600,00 mg; Manganês 15.004,00 mg; Selênio 61,200 mg; Cobalto 50,400 mg.

³Inerte –A adição de AA sintéticos foi em substituição ao inerte.

A ração basal foi formulada com 19% de PB, dado que no primeiro experimento foi demonstrado que aves alimentadas com dietas contendo este nível protéico suportam um ótimo crescimento desde que suplementadas com AAE e Gly, no período de 1 a 21 dias de idade.

As aves receberam as dietas experimentais até os 21 dias de idade e uma dieta convencional até os 42 dias.

Os frangos e as rações foram devidamente pesadas aos 1, 7, 14, 21 e 41 dias de idade, para avaliação do desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar). A mortalidade das aves foi registrada diariamente, assim como, suas possíveis causas foram determinadas por necropsia, e ainda as aves foram pesadas, para ajustar o consumo de alimento e a conversão alimentar.

Aos 21 dias de idade, foram coletadas amostras de sangue da veia jugular, utilizando-se duas aves por unidade experimental, para analisar as concentrações séricas de creatinina, amônia e ácido úrico mediante um processo enzimático-colorimétrico, onde a absorbância produzida no complexo foi diretamente proporcional à concentração do substrato na amostra. A amônia sérica foi determinada conforme descrito por Ishihard et al. (1972), procedimento no qual a amônia reage com o 2-cetoglutarato e NADH em uma reação catalisada pela enzima glutamato+desidrogenase, ocorrendo oxidação do NADH a NAD. O consumo de NADH, medido pela absorbância, é proporcional à concentração de amônia na amostra.

Após seis horas de jejum, as duas aves foram abatidas por deslocamento cervical e, em seguida, foram retirados os músculos peitorais para a análise do conteúdo de creatina, e pesados para calcular seu rendimento em relação ao peso vivo, do mesmo modo que o fígado, pâncreas e intestino.

Para a análise do conteúdo de creatina nos músculos peitorais foi utilizado o método descrito por Chamruspollert et al. (2002). Os músculos peitorais foram moídos em um moinho de carne, onde um grama do tecido foi colocado em um tubo de ensaio 25x150mm com 20 ml de ácido sulfúrico 1-M. Posteriormente, todas as amostras foram autoclavadas por 45 min em 1,1 kg/cm² de pressão e armazenadas a 4°C até a análise. As amostras dentro dos tubos de ensaio foram transferidas para balões volumétricos de 100 ml. Tubos e amostras foram lavados duas vezes com água deionizada para remover todo o conteúdo. Após, 18 ml de NaOH 2-M foram adicionados em cada balão, seguido de 5ml de tungstato de sódio (100g/kg.). Simultaneamente, os balões foram completados para 100 ml com água deionizada. As amostras foram agitadas e em

seguida, deixadas em repouso durante 5 minutos antes de serem filtradas. Em seguida, 10 ml do filtrado limpo foi colocado em outro balão volumétrico de 100ml, onde foram adicionados 5 e 10ml de picrato alcalino e NaOH (100g/kg), respectivamente, a fim de converter a creatina em creatinina. As amostras foram misturadas e deixadas em repouso durante 10 minutos e, depois completadas para 100 ml com água deionizada. A creatinina foi usada como solução padrão (500mg/ml) e, finalmente, absorvância das amostras e o padrão foram determinadas em um espectrofotômetro a 450 nm de comprimento de onda.

Para a determinação do rendimento de carcaça, aos 42 dias de idade, foram utilizadas duas aves por unidade experimental, as quais foram selecionadas com o peso de acordo com a média da repetição, bem como, submetidas a seis horas de jejum, sendo atordoadas com eletricidade e sacrificadas por sangria.

Para o cálculo do rendimento de carcaça foi considerado o peso da carcaça eviscerada, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo das aves que foram pesadas individualmente antes do abate. Para o rendimento dos cortes nobres, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos e pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993). Posteriormente, foi pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Para verificar a viabilidade econômica da utilização de maiores níveis de Thr em combinação de menores níveis de Gly nas rações, determinou-se o custo médio em ração, por quilograma de peso vivo ganho (Y_i), durante o período experimental (1-21 dias), conforme descrito por Bellaver et al. (1985).

$$Y_i = (Q_i \times P_i) / G_i ,$$

Onde:

Y_i = custo médio em ração por quilograma ganho no i -ésimo tratamento; P_i = preço médio por quilograma da ração utilizada no i -ésimo tratamento; Q_i = quantidade média de ração consumida no i -ésimo tratamento; G_i = ganho médio de peso do i -ésimo tratamento.

Os preços dos ingredientes utilizados na elaboração dos custos das rações foram obtidos no Estado do Paraná, no mês de dezembro de 2011, a saber: milho R\$ 0,301/kg; farelo de soja R\$ 0,61/kg; óleo de soja R\$ 1,68/kg; calcário R\$ 0,18/kg; fosfato

bicálcico R\$ 1,31/kg; sal comum R\$ 0,12/kg; premix R\$ 6,50/kg; inerte R\$ 0,65; DI-Met R\$ 10,25/kg; L-Lys R\$ 6,61/kg; L-Arg R\$ 19,08/kg; L-Val R\$ 25,00/kg; L-Ile R\$ 34,42/kg; L-Trp R\$ 91,0/kg, enquanto o preço da L-Gly e L-Thr considerados foram de 23,79 e R\$ 9,30/kg, respectivamente.

Em seguida, foram calculados o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo médio (IC), propostos por Barbosa et al. (1992).

$$IEE = [(MCE) / C_{te_i}] \times 100 \quad e \quad IC = [(C_{Te_i}) / MCE] \times 100,$$

Onde:

MCE = menor custo médio em ração, por quilograma de peso vivo ganho, observado entre os tratamentos; C_{Te_i} = custo médio do tratamento i considerado.

Os dados obtidos de cada parâmetro foram desdobrados em polinômios ortogonais de forma a permitir a análise de variância e regressão de acordo com suas distribuições, utilizando o programa estatístico SAEG (UFV, 1997).

Os modelos estatísticos adotados foram:

$$y_{ijk} = \mu + t_{ij} + e_{ijk};$$

$$y_{ij} = \mu + G_i + T_j + GT_{ij} + e_{ijk};$$

$$y_{ij} = \mu + T_j + G_i/T_j + e_{ijk};$$

$$y_{ijk} = b_0 + b_1 G_i + b_2 G_i^2 + e_{ijk}$$

Onde:

y_{ijk} = valor observado das variáveis estudadas na unidade experimental k submetida ao nível i de Gly, $i = 1,2,3,4$ ($1 = 1,67\%$; $2 = 1,81\%$; $3 = 1,95\%$; $4 = 2,09\%$) e ao nível j de Thr, $j = 1,2$ ($1 = 0,83\%$; $2 = 0,96\%$);

μ = constante geral;

t_{ij} = efeito do nível i de Gly, $i = 1,2,3,4$ e ao nível j de Thr, $j = 1,2$;

G_i = efeito do nível i de Gly;

T_j = efeito do nível j de Thr;

GT_{ij} = interação entre o nível i de Gly com o nível j de Thr;

G_i/T_j = efeito do nível i de Gly dentro o nível j de Thr;

b_0 = constante

b_1 e b_2 = coeficiente linear e quadrático, respectivamente, em função dos níveis de Gly

e_{ijk} = erro experimental

Resultados e discussão

As variáveis ambientais registradas no interior do galpão, temperatura mínima, máxima e umidade relativa do ar, durante o período experimental foram de 19,6°C, 24,4°C e 63%, respectivamente.

Aos 7 dias de idade, foi observada interação ($P < 0,01$) entre os níveis Gly+Ser e os níveis de Thr dig, para o ganho de peso e conversão alimentar (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr digestível durante a fase de 1 aos 7 e 1 aos 21 dias de idade

Gly+Ser dig (%)	Thr dig (%)	Ganho de peso (g)		Consumo de ração (g)		Conversão Alimentar (g/g) ¹	
		1-7d	1-21d	1-7d	1-21d	1-7d	1-21d
Interação							
1,67	0,83	116,68 ^b	798,18	165,49	1219,26	1,419 ^{cd}	1,528 ^b
1,81	0,83	120,96 ^{ab}	802,19	165,06	1206,53	1,365 ^{bc}	1,504 ^{ab}
1,95	0,83	127,51 ^a	834,36	164,90	1202,67	1,293 ^a	1,441 ^a
2,09	0,83	122,43 ^a	809,32	165,43	1224,48	1,352 ^b	1,513 ^{ab}
1,67	0,96	121,77 ^{ab}	789,51	164,53	1197,46	1,351 ^{ab}	1,517 ^{ab}
1,81	0,96	118,32 ^{ab}	762,81	163,91	1179,09	1,385 ^{bcd}	1,545 ^b
1,95	0,96	117,22 ^b	783,69	164,31	1202,79	1,402 ^{bcd}	1,549 ^b
2,09	0,96	116,92 ^b	785,40	166,41	1222,77	1,423 ^d	1,557 ^b
CV		3,22	2,82	3,60	3,43	2,25	2,20
Gly+Ser dig (%)							
1,67		118,85	793,85	165,07	1208,35	1,389	1,522
1,81		119,85	782,50	164,56	1192,80	1,373	1,524
1,95		122,99	809,02	165,49	1208,31	1,347	1,495
2,09		119,67	797,36	165,92	1223,62	1,386	1,535
CV		3,32	3,49	4,03	3,27	3,36	2,83
Thr dig (%)							
0,83		121,89 ^a	811,14 ^a	165,21	1213,23	1,356 ^a	1,496 ^a
0,96		118,34 ^b	780,35 ^b	164,87	1200,52	1,393 ^b	1,538 ^b
CV		3,22	2,99	3,88	3,26	3,20	2,63
Análise de Variância							
Gly+Ser dig		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,83% Thr		Q	ns	ns	ns	Q	Q
Gly+Ser/0,96% Thr		ns	ns	ns	ns	L	ns
Thr dig		0,045	0,001	ns	ns	0,001	0,021
Gly x Thr		0,014	ns	ns	ns	0,001	0,012

^{ab}Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Valores corrigidos pela mortalidade

L- Efeito linear; Q- efeito quadrático. ns- não significativo

Aos 7 dias, dentre as dietas com 0,83% de Thr, aves alimentadas com 1,67% de Gly+Ser dig tiveram pior ($P < 0,05$) ganho de peso e conversão alimentar que os pintos que receberam a dieta com 1,95% de Gly+Ser dig. O aumento dos níveis de Thr de 0,83 para 0,96% na dieta com 1,67% de Gly+Ser dig permitiu melhorar ($P < 0,05$) o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. Desta forma, em dietas com redução dos níveis protéicos (19% PB) e deficientes em Gly, um excesso de Thr (0,96%) poderia evitar a queda do desempenho zootécnico dos animais.

Aves que receberam a ração com 1,95 e 2,09% de Gly+Ser dig em combinação com 0,96% de Thr tiveram pior ($P < 0,05$) ganho de peso e conversão alimentar que os frangos alimentados com os mesmos níveis de Gly+Ser dig (1,95 e 2,09%) quando continham 0,83% de Thr. Indicando que os frangos de corte respondem positivamente ao excesso de Thr apenas em níveis deficientes de Gly+Ser dig. Sabe-se que a Thr pode reduzir as exigências de Gly, uma vez que as enzimas Thr aldolase e Thr desidrogenase podem degradar a Thr em Gly (Baker & Sugahara, 1970; Corzo et al., 2009).

Os níveis de Gly+Ser não influenciaram ($P > 0,05$) os parâmetros produtivos. Entretanto, o ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de Thr dig. De modo geral, estes parâmetros foram piores nas aves que receberam a dieta com 0,96% de Thr em comparação com as aves alimentadas com 0,83% de Thr. Isto devido, principalmente pelo pior ganho de peso e conversão alimentar evidenciado nos frangos alimentados com altos níveis Gly+Ser (1,95 e 2,09%) em combinação com altos níveis de Thr (0,96%).

A suplementação de Gly poupa a degradação da Thr para obter Gly (Neto, 2010; Bernardino et al., 2011). Portanto, altos níveis de Thr (0,96%) são desnecessários em dietas com níveis adequados e/ou altos de Gly, podendo o excesso de Thr prejudicar o desempenho das aves ao aumentar a excreção de ácido úrico, processo que requer elevado gasto de energia metabólica.

Para cada molécula de ácido úrico sintetizada é consumida uma molécula de Gly (Sonne et al., 1946). Portanto, a síntese de ácido úrico e sua consequente excreção aumentam as exigências metabólicas de Gly. É importante destacar que a síntese de uma única molécula de Gly demanda nove moles de ATP (Steven, 1996). O ácido úrico tem quatro átomos de nitrogênio, assim, são gastos 2,25 ATPs/mol de nitrogênio excretado ao contabilizar apenas a contribuição da Gly no processo. Entretanto, a síntese de uréia tem um gasto de energia total menor, sendo este de apenas 2 ATPs/mol (Mapes & Krebs, 1978). O alto gasto energético empregado para incluir a Gly na

estrutura do ácido úrico representa um fator negativo ao desempenho, ao utilizar parte da energia necessária para os processos fisiológicos de manutenção e crescimento das aves.

Aos 7 dias, foi observado efeito quadrático ($P < 0,04$) dos níveis de Gly+Ser dig dentro das dietas com 0,83% de Thr para o ganho de peso ($y = -329,4 + 466,3x - 119,4x^2$; $R^2 = 0,84$) e conversão alimentar ($y = 6,728 - 5,555x + 1,425x^2$; $R^2 = 0,86$) (Figura 1 e 2). As exigências de Gly+Ser dig estimadas para estas variáveis foram de 1,95 e 1,94%, respectivamente. Igualmente, Rostagno et al. (2011) recomendam um nível de Gly+Ser dig semelhante, sendo este de 1,92% para aves na mesma fase. Entretanto, Ngo & Coon (1976) determinaram uma exigência de Gly+Ser maior, a qual foi de 2,1% para pintos de corte na fase de 1 aos 9 dias de idade.

Nas dietas com 0,96% de Thr, foi observado efeito linear ($P < 0,01$) dos níveis de Gly+ser sobre a conversão alimentar ($y = 1,081 + 0,164x$; $R^2 = 0,98$), uma vez que esta variável foi piorando conforme aumentaram os níveis de Gly+ser dietéticos.

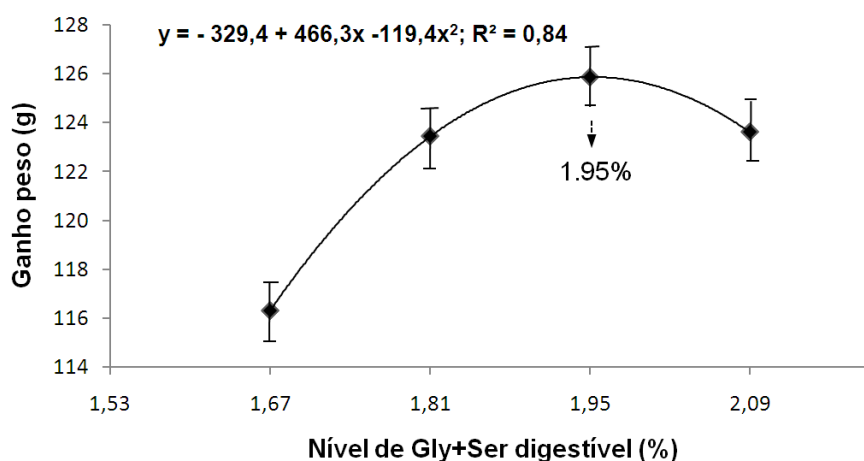


Figura 1. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre o ganho de peso de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase pré-inicial (1 a 7 dias).

Aos 21 dias, foi observada interação ($P < 0,02$) entre os níveis Gly+Ser e os níveis de Thr dig, para a conversão alimentar.

Dentre as dietas com 0,83% de Thr, aves alimentadas com 1,67% de Gly+Ser dig tiveram pior ($P < 0,05$) conversão alimentar que os pintos que receberam a ração com 1,95% de Gly+Ser dig. Entretanto, a conversão alimentar melhorou ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de Thr de 0,83 para 0,96% na dieta com 1,67% de Gly+Ser dig. Possivelmente, a Thr seja uma fonte de Gly em dietas formuladas sem subprodutos animais, com redução dos níveis protéicos e níveis marginais de Gly (Corzo et al., 2009).

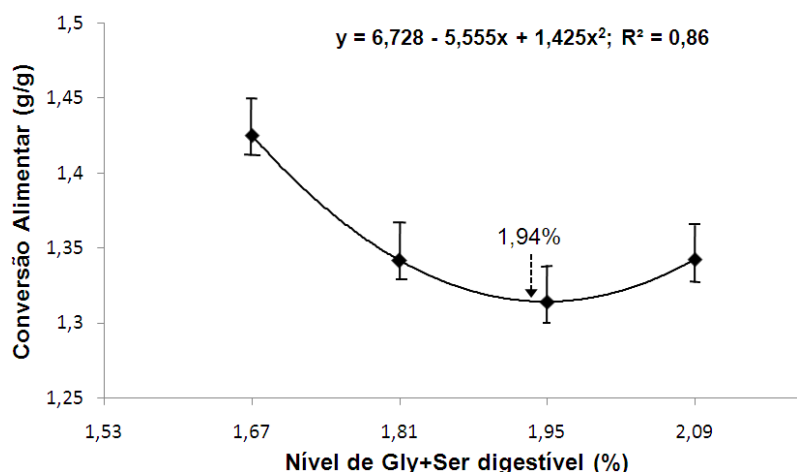


Figura 2. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre a conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase pré-inicial (1 a 7 dias).

Houve um efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de Gly+Ser dig dentro as dietas com 0,83% de Thr para a conversão alimentar ($y = 5,93 - 4,672x + 1,222x^2$; $R^2 = 0,70$), sendo estimada a exigência de 1,91% Gly+Ser dig para esta variável (Figura 3).

Schutte et al. (1997) estimaram uma exigência de Gly+Ser semelhante, sendo esta entre 1,8 e 1,9% para a obtenção do máximo crescimento de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias. Coincidentemente, o teor de PB das dietas formuladas por Schutte et al. (1997) foi igual ao nível protéico formulado nas rações do presente estudo (19%), assim, é possível que esta seja a razão da similaridade das duas estimativas.

Entretanto, Heger & Pack (1996), Corzo et al., (2004); Rostagno (2011) estimaram valores de Gly+Ser menores, sendo estes de 1,8; 1,78 e 1,72%, respectivamente.

Dean et al. (2006) estimaram níveis de Gly+Ser de 2,44% para o máximo crescimento de frangos de corte na fase de 0-17 dias de idade, alimentados com 16% de PB, sendo esta estimativa maior que a exigência determinada como ideal no presente estudo, possivelmente, devido ao alto grau de redução da PB dietética utilizado por eles.

Fica claro que, existem algumas discrepâncias nas exigências de Gly+Ser estimadas nas diferentes pesquisas. De acordo com Dean (2005) isto se deve ao grande número de compostos que potencialmente podem ser empregados metabolicamente para sintetizar Gly.

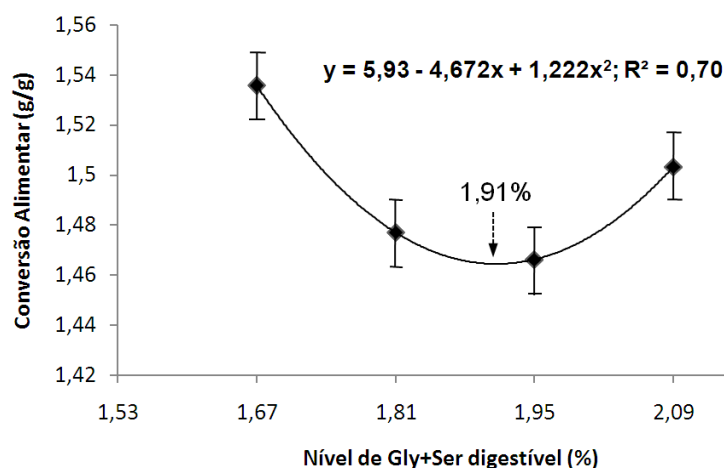


Figura 3. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre a conversão alimentar de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig na fase inicial (1 a 21 dias de idade).

Existe uma falta de padronização das metodologias aplicadas, encontrando-se diferenças na linhagem, sexo, idade das aves e tipos ingredientes, e não há dúvida que o principal fator de variação destas estimativas é o teor da PB dietética. Conforme Heger & Pack (1996) e mais recentemente Payne (2007) a exigência de Gly+Ser pode ser influenciada pelo nível de proteína da dieta.

Estudos prévios indicam o papel que desenvolve a Gly no processo de excreção do nitrogênio em excesso na forma de ácido úrico (Ngo & Coon, 1976; Ngo et al., 1977). De maneira que, poderia pensar-se que a exigência de Gly+Ser é maior em dietas ricas em PB, as quais disponibilizam quantidades de nitrogênio e de alguns AA em níveis superiores às exigências das aves. Entretanto, vários estudos citam que a exigência de Gly+Ser é maior em frangos de corte alimentados com uma dieta baixa em PB que aqueles alimentados com dietas ricas em proteína (Waterhouse & Scott, 1961; Dean et al., 2006). Possivelmente, a exigência de Gly+Ser para o crescimento e a síntese de creatina no período inicial seja primordial que a mesma necessidade de Gly+Ser para a excreção do excesso do nitrogênio.

Aproximadamente 66 a 75% das necessidades da creatina são sintetizadas endogenamente, devendo o restante ser fornecido pela dieta (Lemme et al., 2007). Enquanto os subprodutos de origem animal são ricos em creatina, os ingredientes vegetais não se constituem uma fonte deste composto, de maneira que dietas a base exclusiva de ingredientes vegetais fornecem quantidades de creatina menores às exigências das aves, aumentando as necessidades de Gly para sua síntese.

Tabela 3. Peso relativo do peito, creatina (Cre) no peito e níveis séricos de creatinina (Cret), ácido úrico (SUA) e amônia (AS) de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade

Gly+Ser dig (%)	Thr dig (%)	Peito (%)	Cre no peito (mg/g músculo)	Cret Sérica (mg/dL)	SUA (mg/dL)	AS (mmol/L)
Interação						
1,67	0,83	11,39	3,09	0,25	4,19	4,88
1,81	0,83	11,70	3,53	0,24	4,88	4,69
1,95	0,83	11,77	4,06	0,28	4,95	5,31
2,09	0,83	12,44	3,58	0,25	4,49	5,54
1,67	0,96	10,05	2,72	0,23	5,37	5,33
1,81	0,96	11,44	2,44	0,24	5,93	6,36
1,95	0,96	11,41	3,02	0,25	7,12	6,32
2,09	0,96	11,85	3,13	0,23	8,87	6,58
CV		5,15	14,00	17,24	22,61	15,03
Gly+Ser dig (%)						
1,67		10,71 ^b	2,09 ^b	0,24	4,78 ^b	5,10
1,81		11,56 ^{ab}	2,98 ^{ab}	0,25	5,47 ^{ab}	5,64
1,95		11,59 ^a	3,53 ^a	0,27	6,03 ^{ab}	5,81
2,09		12,14 ^a	3,35 ^{ab}	0,24	6,67 ^a	6,05
CV		6,22	18,76	16,44	21,98	17,35
Thr dig (%)						
0,83		11,82 ^a	3,56 ^a	0,26	4,58 ^b	5,12 ^b
0,96		11,18 ^b	2,82 ^b	0,24	6,82 ^a	6,14 ^a
CV		6,99	16,01	16,22	23,83	15,39
Análise de Variância						
Gly+Ser dig		0,002	0,027	ns	0,045	ns
Gly+Ser/0,83% Thr		L	Q	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,96% Thr		ns	ns	ns	L	ns
Thr dig		0,009	0,001	ns	0,002	0,03
Gly x Thr		ns	ns	ns	ns	ns

^{ab} Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

L- Efeito linear; Q- efeito quadrático. ns- não significativo

Aos 21 dias, foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de Gly+Ser dig nas dietas com 0,83% de Thr para o conteúdo de creatina nos músculos peitorais ($y = -40,2 + 45,44x - 11,7x^2$; $R^2 = 0,87$), sendo estimada uma exigência de 1,94% de Gly+Ser dig para esta variável (Tabela 3 e Figura 4). Desta forma, a exigência de Gly+Ser dig para a síntese de creatina parece ser maior que a exigência requerida para um ótimo desempenho (1,91% de Gly+Ser dig). Deve se lembrar que na síntese da creatina além da Gly participam a Arg e Met, portanto, os níveis dietéticos destes dois últimos AA podem influenciar a exigência de Gly+Ser para a síntese de creatina.

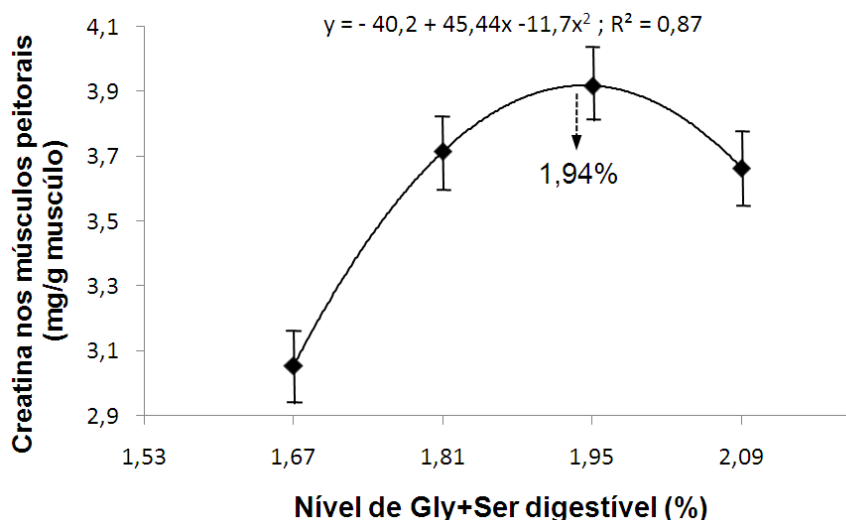


Figura 4. Efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre o conteúdo de creatina nos músculos peitorais de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e 0,83% de Thr dig aos 21 dias de idade.

Keshavarz & Fuller (1971) demonstraram que a deficiência de Gly limita a síntese de creatina em frangos de corte suplementados com apenas Arg, e a suplementação de Arg e Gly resulta em maior capacidade do músculo esquelético para armazenar creatina.

Houve efeito linear positivo ($P < 0,05$) dos níveis de Gly+Ser dig para o peso relativo do peito ($y = 7,504 + 2,297x$; $R^2 = 0,89$) nas dietas com 0,83% de Thr. Possivelmente, devido ao aumento da creatina em resposta da suplementação de Gly, uma vez que esta molécula desenvolve um importante papel no metabolismo energético. A creatina tem se mostrado eficaz em aumentar o desempenho, sendo uma fonte de energia importante para o tecido muscular, pois propicia a re-síntese imediata do ATP (Silva & Cancellero, 2006). O aumento do conteúdo de creatina e fosfocreatina no peito podem melhorar a utilização dos nutrientes para o acréscimo de músculo neste tecido (Lemme et al., 2007), bem como induzir ações anti-catabólicas sobre algumas proteínas celulares (Parise et al., 2001).

A creatinina é o produto final da degradação da creatina e fosfocreatina no músculo esquelético, sendo esta difundida do músculo para a corrente sanguínea e, posteriormente excretada pela urina (Nelson & Cox, 2000). Apesar dos tratamentos terem influenciado o conteúdo de creatina muscular, os níveis séricos de creatinina não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. A formação não-enzimática de creatinina a partir da creatina é quase constante (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000) e, sua

excreção diária é proporcional à massa muscular, minimamente influenciada pela dieta (Devlin, 1992).

Houve efeito linear positivo ($P < 0,05$) dos níveis de Gly+Ser dig para os níveis séricos de ácido úrico ($y = - 8,854 + 8,338x$; $R^2 = 0,95$) nas dietas com 0,96% de Thr aos 21 dias.

O aumento da síntese de ácido úrico nas dietas com altos níveis de Thr (0,96%) em resposta ao aumento dos níveis de Gly+Ser dig é um indicativo de desbalanço aminoacídico, visto que, com a suplementação de Gly, as dietas experimentais se aproximavam cada vez à exigência de Gly+Ser da ave, resultando em menor necessidade metabólica de converter Thr em Gly. Assim, o possível excesso de Thr (0,96%) resultante pela suplementação de Gly, foi desaminado e o nitrogênio produzido foi excretado como ácido úrico.

A suplementação de Gly dietética demonstrou diminuir a atividade das enzimas Thr aldolase e Thr desidrogenase no fígado de aves e, portanto, poupa a utilização da Thr para obtenção de Gly endógena (Bernardino et al., 2011).

Aos 21 dias, os níveis de Thr dig influenciaram ($P < 0,05$) a conversão alimentar, peso relativo do peito e o conteúdo de creatina nos músculos peitorais. De modo geral, estas variáveis foram prejudicadas nas aves que receberam a dieta com 0,96% de Thr em comparação com as aves alimentadas com 0,83% de Thr ($P < 0,05$). Situação devida, possivelmente, aos altos níveis circulantes de ácido úrico e amônia nas dietas com 0,96% de Thr. A amônia é inevitavelmente liberada no catabolismo das proteínas, mas é extremamente tóxica para os tecidos animais.

Inclusive pequenas quantidades de amônia são tóxicas para o sistema nervoso central (Murray et al., 2003). A desintoxicação das células do excesso de amônia requer a aminação redutiva do α -cetoglutarato (intermediário do ciclo Krebs) em glutamato e, a posterior conversão do glutamato em glutamina (Gln), reação que requer energia na forma de ATP (Nelson & Cox, 2000). Não obstante, se a concentração de amônia circulante eleva-se, o fornecimento sanguíneo de glutamato disponível para o cérebro é inadequado para a formação de Gln. Portanto, o cérebro também deve sintetizar glutamato a partir de α -cetoglutarato, originando o esgotamento dos intermediários do ciclo de krebs (Murray et al., 2003), situação que pode afetar o metabolismo energético das células, diminuindo o ATP disponível para os processos biológicos.

O comprimento do intestino delgado e peso relativo de órgãos não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,05$) aos 21 dias de idade (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento do intestino delgado e peso relativo de órgãos de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade

Gly+Ser dig (%)	Thr dig (%)	Comprimento intestino (cm)	Int, Delgado (%)	Int, Grosso (%)	Pâncreas (%)	Fígado (%)
1,67	0,83	130,63	4,23	0,75	0,36	3,01
1,81	0,83	127,50	4,14	0,71	0,35	2,84
1,95	0,83	140,50	4,69	0,69	0,35	2,09
2,09	0,83	133,00	4,25	0,75	0,36	2,78
1,67	0,96	126,63	3,97	0,74	0,34	2,71
1,81	0,96	129,50	4,23	0,83	0,33	2,09
1,95	0,96	127,88	4,32	0,82	0,33	2,89
2,09	0,96	131,63	4,34	0,83	0,33	2,68
CV		6,72	10,26	12,58	14,06	10,02
Análise de Variância						
Gly+Ser dig		ns	ns	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,83% Thr		ns	ns	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,96% Thr		ns	ns	ns	ns	ns
Thr dig		ns	ns	ns	ns	ns
Gly x Thr		ns	ns	ns	ns	ns

ns- não significativo.

Tabela 5. Desempenho, rendimento de carcaça, gordura abdominal (GA) e cortes de frangos de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes relações de Gly+SerLys dig na fase inicial (1-21 dias)¹

Gly+Ser dig (%)	Thr dig (%)	Ganho de peso (g)	Conversão Alimentar (g/g) ¹	Carcaça (%)	GA (%)	Peito (%)	Perna (%)	Asa (%)
1,67	0,83	2589,87	1,737	68,84	2,48	38,23	29,33	10,34
1,81	0,83	2632,42	1,731	69,17	1,92	39,14	28,95	10,01
1,95	0,83	2698,61	1,729	70,18	2,61	40,48	30,25	10,27
2,09	0,83	2626,67	1,730	70,28	2,10	39,39	29,63	10,40
1,67	0,96	2601,15	1,779	68,98	3,01	38,10	30,88	10,67
1,81	0,96	2597,49	1,786	68,41	2,98	36,96	29,51	10,26
1,95	0,96	2612,87	1,751	68,96	1,89	38,04	30,20	10,42
2,09	0,96	2669,23	1,741	69,78	2,47	39,94	29,75	10,42
CV		4,78	3,99	1,43	11,23	5,18	2,098	3,19
Análise de Variância								
Gly+Ser dig		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,83% Thr		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gly+Ser/0,96% Thr		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Thr dig		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gly x Thr		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹aves receberam ração convencional na fase de 21 aos 42 dias de idade (19% PB).

ns- não significativo.

Aos 42 dias, o desempenho e rendimento de carcaça, gordura abdominal não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos (Tabela 5). Possivelmente, devido todas as aves terem recebido uma ração convencional após os 21 dias de idade.

Do mesmo modo, o rendimento do peito não foi influenciado ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. Indicando que o efeito dos níveis de Gly+Ser dig sobre o acréscimo de tecido no peito (peso relativo) encontrado aos 21 dias, não foi mantido quando todas as aves receberam a ração convencional na fase de 22-42 dias de idade.

No final da fase experimental (21 dias), dietas com baixos níveis de Gly+Ser dig (1,67%) em combinação com altos níveis de Thr dig (0,96%) resultaram em semelhante custo em ração para produzir um kilo de frango vivo às dietas contendo 1,67, 1,81 e 1,95% de Gly+Ser dig e 0,83% de Thr (Tabela 6).

Tabela 6. Custo médio em ração por kg de frango vivo, índice médio de custo e índice de eficiência econômica de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB contendo diferentes níveis de Gly+Ser e Thr dig aos 21 dias de idade

Gly+Ser dig (%)	Thr dig (%)	Custo ração (R\$/kg) ¹	Custo em ração (R\$/kg PV)	IEE (%)	IC (%)
1,67	0,83	0,748	1,143 ^a	100,00	100,00
1,81	0,83	0,781	1,175 ^{ab}	97,34	102,73
1,95	0,83	0,813	1,172 ^{ab}	97,59	102,47
2,09	0,83	0,844	1,277 ^c	89,51	111,72
1,67	0,96	0,760	1,153 ^a	99,19	100,82
1,81	0,96	0,793	1,225 ^{bc}	93,34	107,13
1,95	0,96	0,825	1,266 ^c	90,33	110,70
2,09	0,96	0,856	1,333 ^d	85,80	116,56
CV		-	2,16	-	-

^{abcd} Médias com letras diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Milho e farelo de soja - preço cotado no Estado do Paraná no mês de dezembro de 2011 (SEAB, 2011).

Corzo et al (2009) sugeriram que em dietas baixas em PB formuladas com o intuito de reduzir os custos de produção, níveis marginais de Gly poderiam ser compensados com um leve excesso de Thr dietética. Entretanto, no presente estudo, essa estratégia não resultou em um benefício econômico significativo. Assim, para o setor é mais viável desde o âmbito ambiental e produtivo fornecer níveis específicos de Gly+Ser dig de acordo às exigências das aves. O caminho a seguir é rever as exigências de Gly+Ser dig em dietas baixas em PB que, possivelmente, estas sejam maiores às exigências em dietas com PB normal.

Na indústria, vários nutricionistas e produtores já evidenciaram a importância de manter níveis adequados de Gly em dietas a base de fontes vegetais com baixo teor de PB. Daqui decorre que empresas fornecedoras de AA afirmarem, que no decorrer do

2011 aumentaram em 50% sua capacidade de produção de Gly sintética devido a sua crescente demanda no setor (Evonik, 2011).

Com o surgimento de futuras pesquisas que ressaltem importância da Gly na nutrição de frangos de corte, especialmente em dietas baixas em PB, favorecerá uma maior demanda do AA, bem como sua produção á maior escala, tornando a Gly ainda economicamente mais acessível para a indústria.

Conclusões

A exigência de Gly+Ser dig em dietas com baixo nível protéico (19% PB) e níveis adequados de Thr dig (0,83%) para frangos de corte na fase de 1 aos 21 é de 1,91%.

Um excesso de Thr pode evitar a queda do desempenho de frangos de corte alimentados com dietas baixas em PB e deficientes em Gly.

Referências bibliográficas

- BAKER, D. H., & SUGAHARA, M. Nutritional investigation of the metabolism of Glycine and its precursors by chicks fed a crystalline amino acid diet. **Poultry Science**, v.49, p.756–760, 1970.
- BALL, R. O. Definition of amino acid requirements in pigs: Partitioning between gut and muscle. In: CANADIAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE – SCSA, 2002, Quebec City, Canada. **Proceedings...** Quebec City: Canadian Society of Animal Science, 2002. p.17-25.
- BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos nas fases inicial, de crescimento, crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.5, p.827-37, 1992.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S.; et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- BERNARDINO, V.M.P.; ALBINO, L.F.T; ROSTAGNO, H.S.; et al. Efeito de diferentes relações treonina:lisina digestíveis, suplementadas ou não com glicina, sobre a atividade enzimática em pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2732-2738, 2011.
- BREGENDAHL, K.; SELL, J.L. & ZIMMERMAN, D.R. Effect of low protein diet on performance and body composition of broiler chicks. **Poultry Science**, v.81, p.1156-1167, 2002.
- CHAMRUSPOLLERT, M.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I. Dietary interrelationships among arginine, methionine, and lysine in young broiler chicks. **British Journal of Nutrition**, v.88, n.6, p.655-660, 2002.
- CORZO, A.; KIDD, M. T.; Burnham, D. J.; et al.. Dietary Glycine need of broiler chicks. **Poultry Science**, v.83, p.1382–1384, 2004.
- CORZO, A.; KIDD, M. T.; DOZIER III, W. A.; et al. Dietary Glycine and Threonine interactive effects in broilers. **Poultry Science**, v.83, n.8, p.1382-1384, 2009.
- D’MELLO, J. P. F. Aspects of Threonine and Glycine metabolism in the chick. **Nutrition & Metabolism**, v.15, p.357–363, 1973.
- DEAN, D.W. **Amino acid requirements and low crude protein, amino acid supplemented diets for swine and poultry**. Louisiana: Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2005. 120p. Thesis (Doctor of Philosophy), 2005.
- DEAN, D.W.; BIDNER, T.D. & SOUTHERN, L.L. Glycine supplementation of low protein, amino acid-supplemented diets supports equal performance of broiler chicks. **Poultry Science**, v.85, p.288-296, 2006.
- DEVLIN, T. **Textbook of biochemistry: with clinical correlations**. New York : Wiley-Liss, 1992. 518p.
- EVONIK INDUSTRIES. **Evonik expands Glycine capacity**. Press release, 2011. 2p. Disponível em: http://corporate.evonik.com/en/media/press_releases/pages/news-details.aspx?newsid=20373. Acesso em: 28 Dezembro, 2011.
- HEGER, J., & PACK, M. Effects of Glycine + serine on starting broiler performance as influenced by dietary crude protein levels. **Agribiological Research**, v.49, p.257-265, 1996.
- HEGER, J. Essential to non-essential amino acid ratios. In: D’MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2.ed. Edinburgh: CABI Publishing, 2003. p.103-124.

- HUANG, S.X.; SAUER, W.C.; MARTY, B.; et al. Amino acid digestibilities in different samples of wheat shorts for growing pigs. **Journal Animal Science**, v.77, p.2469-2477, 1999.
- ISHIHARD, A.; KURAHASI, K.; UIHARD, H. Enzymatic determination of ammonia in blood and plasma. **Clinica Chimica Acta**, v.41, p.255-261, 1972.
- KESHAVARZ, K. & FULLER, H.L. Relationship of arginine and methionine to creatine formation in chicks. **Journal of Nutrition**. v.101, p.855-862, 1971.
- KIDD, M.T. & KERR, B.J. L-Threonine for poultry: A review. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.358-367, 1996.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. ; ALLARD, J.P.; et al. Limiting amino acid responses in commercial broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.9, p.223-233, 2000.
- LEMME, A.; RINGEL, J.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Supplemental guanidino acetic acid improved feed conversion, weight gain, and breast meat yield in male and female broilers. **Presented at 16th European Symposium on Poultry Nutrition**, p.26-30. August, 2007 Strasbourg, France, 2007.
- MAPES, J.P., & KREBS, H.A. Rate-limiting factors in urate synthesis and gluconeogenesis in avian liver. **Biochemistry**, v.172, p.193-203, 1978.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.R. et al. **Harper's illustrated biochemistry**. 26.ed. London: Mc Graw-Hill, 2003. 693p.
- NAMROUD, N. F.; SHIVAZAD, M.; ZAGHARI, M. Effects of Fortifying Low Crude Protein Diet with Crystalline Amino Acids on Performance, Blood Ammonia Level, and Excreta Characteristics of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.87, p.2250-2258, 2008.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Amino acid oxidation and the production of urea**. In: Lehninger principles of biochemistry. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.486-515.
- NETO, R.C L. **Níveis de treonina, glicina+serina e suas relações para pintos de corte**. 2010. 107f. Tese (Doutorado em Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba.
- NGO, A., & COON, C. N. The effect of feeding various levels of dietary Glycine in the pre-experimental diet to one-day old chicks on their subsequent Glycine plus serine requirement. **Poultry Science**, v.55, p.1672-1677, 1976.
- NGO, A.; COON, C. N. & BEECHER, G. R. Dietary Glycine requirement for growth and cellular development in chicks. **Journal of Nutrition**, v.107, p.1800-1808, 1977.
- PARISE, G.; MIHICC, S.; MACLENNAN, D.; et al. Effect of acute creatine monohydrate supplementation on leucine kinetics and mixed-muscle protein synthesis. **Journal of Applied Physiology**, v.91, n.3, p.1041-1047, 2001.
- PAYNE, R. L. The potential for using low crude protein diets for broilers and turkeys. **Degussa AminoNews**, v.8, p.2-13, 2007.
- PEGANOVA, S. & EDER, K. Studies on requirement and excess of isoleucine in laying hens. **Poultry Science**, v.81, p.1714-1721, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SCHUTTE, J.B.; SMINK, W.; PACK, M. Requirement of young broiler chicks for Glycine plus serine. **Archiv Fur Geflugelkunde**, v.61, n.1, p.43-47, 1997.
- SEAB-Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Cotação diária de preços – Consulta**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/>> Acesso em: 27 dez. 2011.

- SILVA, C.A.; CANCELLIERO, K.M. Efeito da suplementação oral com creatina no músculo esquelético de membro imobilizado de ratos. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 21, n. 1, p 17-22, 2006
- SMITH, M.O. Parts yield of broilers reared under cycling high temperatures. **Poultry Science**, v.72, p. 1146-1150, 1993.
- SONNE, J. C.; BUCHANAN, J. M., & DELLUVA, A. M. Biological precursors of uric acid carbon. **The Journal of Biological Chemistry**, v.166, p.395-396, 1946.
- SOUFFRANT, W. B. 1991. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs In: M.W.A. Verstegen, J. Huisman, and L. A. den Hartog (Ed.) **Digestive Physiology in Pigs**, p 147. Wageningen, The Netherlands.
- STEVENS, L. Protein and amino acid metabolism. In:**Avian Biochemistry and Molecular Biology**, p.65–81. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1996.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 8. Viçosa, MG: 1997. 150p.
- WATERHOUSE, H. N. & SCOTT, H. N. Effect of different proteins and protein levels on the Glycine need of the chick fed purified diets. **Poultry Science**, v.40, p. 1160-1165, 1961.
- WIXOM, B. L., PIPKIN, G. E.; DAY, P. L. Interrelationship of serine and Glycine for chick growth. **Journal of Nutrition**, v.56, p.409, 1955.
- WYSS, M.; KADDURAH-DAOUK, R. Creatine and creatinine metabolism. **Physiological Reviews**, v.80, p.1107–1213, 2000.

V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi demonstrado que a suplementação de AAE e Gly em dietas com redução dos níveis protéicos é uma estratégia nutricional efetiva para reduzir a poluição ambiental, sem comprometer o desempenho produtivo das aves.

Possivelmente, seja necessário considerar níveis específicos de Gly+Ser dig ao invés de níveis de AANE totais, ao serem formuladas rações com redução protéica, uma vez que alguns estudos não encontraram respostas positivas sobre os parâmetros produtivos de aves alimentadas com dietas baixas em PB com a suplementação individual de alguns AANE diferentes à Gly. Sabe-se que a Gly é um AA que pode ser utilizado na síntese de proteínas celulares ou usado como fonte de nitrogênio não específico para a síntese de AANE, caso seja metabolicamente requerido, portanto, pode ser desnecessária a suplementação de outros AANE quando a Gly é suplementada na dieta. No entanto, há a necessidade de novas pesquisas com intuito de corroborar essa afirmação.

A Gly tornou-se um AA limitante em frangos de corte na fase inicial, o caminho a seguir é determinar seu lugar de limitação, é possível que a Gly seja o quarto ou quinto AA limitante, próximo a Val e Ile, caso a PB dietética seja reduzida mais de dois p.p nas fases inicial de crescimento das aves.

Conforme a PB é reduzida, os níveis de Gly+Ser são drasticamente reduzidos. Portanto, é possível que níveis marginais de Gly+Ser dietéticos sejam o motivo pelo qual dietas com baixo teor de PB suplementadas com AAE resultem em aves com pior desempenho ao proporcionado por rações convencionais. No presente, foi demonstrado que a anterior situação pode ser evitada mediante a suplementação de AAE e Gly, proporcionando relações de Gly+Ser:Lys dig dietéticas não menores de 137%, caso a suplementação de Gly não seja realizada, altos níveis de Thr podem servir como fonte de Gly em dietas com níveis marginais do AA, poupando a síntese endógena de Gly e,

portanto, o uso da energia metabólica necessária para os processos fisiológicos de manutenção e crescimento das aves. Entretanto, futuras pesquisas são necessárias a fim de elucidar a possibilidade de implementação desta última estratégia nutricional na indústria, pois deve ser demonstrado um benefício econômico relevante para sua aplicação, desde que não comprometa o desempenho produtivo das aves nem gere efeitos adversos ambientais.