

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

NÍVEIS DE TRIPTOFANO E PIRIDOXINA EM DIETAS COM
REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS NAS
FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Autor: Leandro Dalcin Castilha
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

NÍVEIS DE TRIPTOFANO E PIRIDOXINA EM DIETAS COM
REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS NAS
FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Autor: Leandro Dalcin Castilha
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

“Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro– 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

C352n Castilha, Leandro Dalcin
Níveis de triptofano e piridoxina em dietas com
redução de proteína bruta para suínos nas fases de
crescimento e terminação / Leandro Dalcin Castilha.
-- Maringá, 2015.
xviii, 133 f. : figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.

1. Aminoácido aromático. 2. Comportamento animal
- Suínos. 3. Suínos - Características de carcaça. 4.
Suínos - Qualidade de carne. I. Pozza, Paulo Cesar,
orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro
de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. III. Título.

CDD 21.ed. 636.4085

GVS-002608



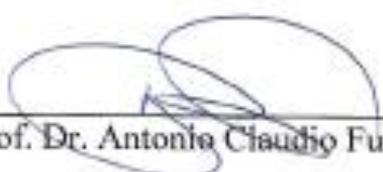
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

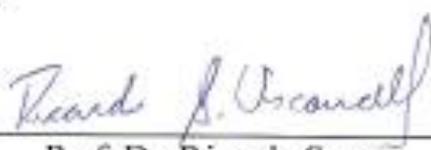
**NÍVEIS DE TRIPTOFANO E PIRIDOXINA EM DIETAS
COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA PARA SUÍNOS
NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Autor: Leandro Dalcin Castilha
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

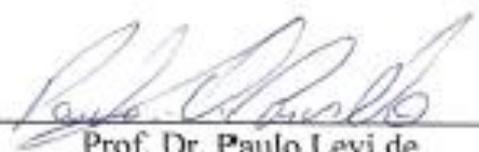
TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 23 de fevereiro de 2015.


Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan


Prof. Dr. Ricardo Souza
Vasconcellos


Prof. Dr. Ana Maria Bridi


Prof. Dr. Paulo Levi de
Oliveira Carvalho


Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza
(Orientador)

“Palavra puxa palavra. Uma ideia traz outra. E assim se faz um livro, um governo, uma revolução”

Machado de Assis(*1839 - †1908)

A Deus, pela vida e pela possibilidade de concluir mais essa etapa,
Aos familiares e amigos, que foram fonte inesgotável de compreensão e amor,
Aos colegas e funcionários, que auxiliaram na elaboração deste trabalho,
Aos professores e técnicos, que se empenharam no auxílio acadêmico,
E, não menos justo, aos animais utilizados nos experimentos

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Durante a realização de qualquer caminhada, sempre contamos com a competência, o carinho, a dedicação e a amizade de inúmeras pessoas. Nesta, que agora termina, quero agradecer a todos e em especial:

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, por todas as oportunidades que me foram proporcionadas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento e concessão da bolsa de estudo, fundamental para a realização deste estudo;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pelos conhecimentos essenciais, os quais foram os alicerces da minha formação acadêmica;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza, e co-orientador, Prof. Dr. Antonio Cláudio Furlan, pelo estímulo à curiosidade científica, pelos exemplos de ética, profissionalismo e dedicação;

Aos colegas do grupo de pesquisa: Laura Marcela Diaz Huepa, Marcelise Regina Fachinello, Alessandra Nardina Trícia Rigo Monteiro, Silvia Letícia Ferreira, Lucas Pimentel Bonagurio, Vinícius Cambito de Paula, Isabela Ferreira Leal, Bruno Henrique

Monteiro, Bruna de Sousa Campos Natália Galoro Leite, Simona Miléo Siqueira e Bruna Moura Rodrigues. Vocês foram mais do que simples colegas, foram amigos e parceiros para os desafios.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi: Carlos José da Silva (Hulck), João Salvalágio Rodrigues, Mauro dos Santos e Antônio Donizete de Moraes (Toninho da fábrica de ração);

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA): Creuza Azevedo e Hermógenes Augusto de Camargo Neto, pelos momentos de amizade, paciência e auxílio na execução das análises;

À Empresa Evonik Industries®, pela realização dos aminogramas nos alimentos utilizados nas rações.

A todos meus grandes amigos de graduação e pós-graduação, em especial, Douglas Batista Lazzeri, Clauber Polese, Cristian Jonas Lüpke, Tiago Junior Pasquetti, Camila Francisca Muniz, Lucas Antonio Costa Esteves, Cleiton Pagliari Sangali, Paulo Levi de Oliveira Carvalho, Dani Perondi, Clodoaldo de Lima Costa Filho, Mayra Diaz Vargas, Ana Paula Possamai e Daiane Oliveira Grieser, pela convivência e pelos momentos que compartilhamos da nossa amizade;

À minha maior incentivadora, Clariane Leila Dallazen, pela sincera e eterna cumplicidade.

Aos meus pais, José e Neiva, pelos incentivos na conclusão de mais uma etapa.

Aos meus irmãos, Eduardo e Fabrício, pelo apoio e pela torcida.

À minha irmã, Luara, pelos momentos de alegria e descontração.

Obrigado.

BIOGRAFIA

LEANDRO DALCIN CASTILHA, filho de José Sampaio de Castilha e Neiva Dalcin de Castilha, nasceu em Ariquemes-RO, em 06 de outubro de 1986.

Em março de 2004, iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, e em fevereiro de 2005, iniciou o Curso de Graduação em Letras, Português-Inglês, na mesma instituição e *campus*.

Em dezembro de 2008, cumpriu as exigências para obtenção dos títulos de “Zootecnista” e “Licenciado em Letras – Português/Inglês”.

Em março de 2009, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em fevereiro de 2011.

Em 2012, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em Nível de Doutorado, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Suínos. Submeteu-se ao Exame Geral de Qualificação em julho de 2014 e, em fevereiro de 2015, submeteu-se à defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvii
I – INTRODUÇÃO.....	1
1. Revisão de literatura.....	3
1.1. Proteína ideal e nutrição aminoacídica para suínos.....	3
1.1.1. Redução de proteína bruta em dietas para suínos.....	5
1.2. Exigências de triptofano para suínos.....	9
1.2.1. Relação entre triptofano e qualidade de carne.....	12
1.3. Metabolismo do triptofano.....	13
1.3.1. Síntese de serotonina.....	16
1.3.2. Síntese de melatonina.....	19
1.3.3. Via catabólica do triptofano.....	21
1.4. Relação metabólica entre triptofano e piridoxina.....	25
CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
II – OBJETIVOS GERAIS.....	39
III – Triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para suínos, machos castrados, na fase de crescimento (50-70kg).....	40
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	42

Material e Métodos.....	43
Resultados e Discussão.....	46
Conclusões.....	56
Referências.....	56
IV – Triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para fêmeas suínas na fase de crescimento (50-70kg).....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	60
Introdução.....	61
Material e Métodos.....	62
Resultados e Discussão.....	65
Conclusões.....	75
Referências.....	75
V – Níveis de triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para suínos, machos castrados, dos 70 aos 100kg.....	78
Resumo.....	78
Abstract.....	79
Introdução.....	80
Material e Métodos.....	81
Resultados e Discussão.....	86
Conclusões.....	100
Referências.....	100
VI – Níveis de triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para fêmeas suínas dos 70 aos 100 kg.....	104
Resumo.....	104
Abstract.....	105
Introdução.....	106
Material e Métodos.....	107
Resultados e Discussão.....	112
Conclusões.....	128
Referências.....	128
VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
VIII – IMPLICAÇÕES.....	133

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg.....	44
TABELA 2. Desempenho e características de carcaça de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	47
TABELA 3. Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	51
TABELA 4. Desdobramento da interação PIRxTRP para proteínas totais (g/dL) em suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	51
TABELA 5. Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	54
TABELA 6. Desdobramento da interação PIRxTRP para o comportamento de comer (log X+1), no período noturno (6h às 18h), de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	55
TABELA 7. Desempenho e características de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	63

TABELA 8.	Desempenho e características de carcaça de fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	66
TABELA 9.	Desdobramento da interação PIRxTRP para profundidade de músculo <i>longissimus dorsi</i> (cm) em fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	66
TABELA 10.	Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	70
TABELA 11.	Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	72
TABELA 12.	Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg.....	82
TABELA 13.	Desempenho e características de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	87
TABELA 14.	Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	91
TABELA 15.	Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	94
TABELA 16.	Características quantitativas de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	96
TABELA 17.	Peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	97

TABELA 18.	Características qualitativas do <i>longissimus dorsi</i> em suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	98
TABELA 19.	Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg.....	108
TABELA 20.	Desempenho e características de carcaça de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	113
TABELA 21.	Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	117
TABELA 22.	Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	119
TABELA 23.	Desdobramento da interação PIRxTRP para variáveis comportamentais em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	120
TABELA 24.	Características quantitativas de carcaça de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	123
TABELA 25.	Peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	124
TABELA 26.	Características qualitativas do <i>longissimus dorsi</i> em fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.....	126

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Fórmula estrutural do aminoácido L-triptofano.....	8
FIGURA 2. Transporte do triptofano e aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) através da barreira hematoencefálica, por meio do transportador de aminoácidos de cadeia longa (ANCL-T1), e via serotoninérgica cerebral.....	14
FIGURA 3. Esquema ilustrativo das vias de síntese de serotonina e melatonina.....	19
FIGURA 4. Degradação do triptofano a quinurenina e nicotinamida. Enzimas: 1=quinurenina 3-oxigenase; 2=quinureninase; 3=quinolinato transfosforibosilase.....	21
FIGURA 5. Catabolismo do triptofano pela via da quinurenina. IFN γ = interferon- γ ; IDO= Indolamina 2,3-dioxigenase; TDO= triptofano dioxigenase.....	22
FIGURA 6. Estrutura química da vitamina B6 (piridoxina).....	25
FIGURA 7. Integração metabólica entre as rotas do triptofano e piridoxina..	26
FIGURA 8. Metabolismo simplificado do triptofano nos diferentes tecidos corporais.....	27
FIGURA 9. Interação entre níveis de triptofano digestível e níveis de 1 mg/kg (a) e 5 mg/kg (b) de piridoxina sobre o comportamento de comer, no período noturno (18h às 6h), em fêmeas suínas dos 50 aos 70 kg.....	73
FIGURA 10. Interação entre níveis de triptofano digestível e níveis de 1 mg/kg (a) e 5mg/kg (b) de piridoxina sobre o comportamento dormindo, no período noturno (18h às 6h), de fêmeas suínas dos 70 aos 100 kg.....	121

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos e comportamento de suínos, machos castrados e fêmeas, em fase de crescimento, e dois experimentos com o objetivo de avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, comportamento, características quantitativas de carcaça e qualidade de carne de suínos, machos castrados e fêmeas, em fase de terminação. No Experimento I, foram utilizados 64 suínos mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $50,08 \pm 1,82$ kg; distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,142; 0,169; 0,196 e 0,223%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. Houve efeito quadrático ($P=0,024$) dos níveis de triptofano digestível sobre a espessura de toucinho (ET), cuja regressão ($R^2=0,78$) apontou para o menor valor de ET (0,98cm) ao nível de 0,195% de triptofano digestível; e efeito quadrático ($P=0,024$) dos níveis de triptofano sobre os triglicerídeos plasmáticos, em que o maior valor (42,42 mg/dL) foi estimado ($R^2=0,77$) ao nível de 0,184% de triptofano digestível. A ureia plasmática foi influenciada positivamente ($P=0,019$), enquanto as proteínas totais sofreram efeito negativo ($P=0,002$) do nível suplementar de piridoxina. O nível de 0,142% de triptofano atendeu às exigências de suínos machos castrados, dos 50 aos 70kg, com base no desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento, resultando numa exigência diária de 3,14 g de triptofano digestível. Além disso, a piridoxina suplementar não influenciou as exigências de triptofano. No Experimento II, foram utilizadas 64 fêmeas suínas, mestiças, com peso médio inicial de $49,17 \pm 1,86$ kg; distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,150; 0,178; 0,206 e 0,234%), com oito repetições e um animal

por unidade experimental. A profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PL) sofreu efeito positivo ($P=0,020$) do nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg). Além disso, houve interação ($P=0,005$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa variável, em que a piridoxina suplementar proporcionou maior PL até o nível de 0,178% de triptofano digestível. A piridoxina suplementar também elevou ($P=0,038$) a creatinina plasmática. Os níveis de triptofano influenciaram de forma quadrática ($P=0,033$) a ureia plasmática, com estimativas ($R^2=0,64$) de menor valor para o nível de 0,181%. Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 50 aos 70 kg, que é de no máximo 0,150%; cuja exigência diária é de 3,11 g. No Experimento III, foram utilizados 64 suínos mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $70,77 \pm 2,07$ kg; distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,130; 0,155; 0,180 e 0,205%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. A avaliação comportamental revelou efeito linear decrescente ($P=0,003$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir e efeito quadrático ($P=0,008$) sobre o comportamento de comer, ambos em período noturno. Para as variáveis quantitativas da carcaça, embora a piridoxina tenha apresentado efeito positivo ($P<0,05$) sobre os rendimentos de carcaça quente e fria, resultou em efeito negativo ($P<0,05$) sobre o peso e rendimento de pernil. Para as variáveis qualitativas do músculo *longissimus dorsi*, embora a piridoxina tenha apresentado efeito positivo ($P<0,05$) sobre o pH 24h, resultou em aumento nas variáveis de perda de líquido por gotejamento e cocção. A exigência dietética de triptofano digestível, para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg, foi de, no máximo, 0,130% (4,07 g/dia) e não se alterou em função da piridoxina. No Experimento IV, foram utilizadas 64 fêmeas suínas, mestiças, com peso médio inicial de $70,52 \pm 2,95$ kg; distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,140; 0,167; 0,194 e 0,221%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. A análise de comportamento realizada no período diurno revelou efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir. O comportamento de comer foi influenciado negativamente ($P=0,003$) pelo nível suplementar de piridoxina e houve interação ($P=0,001$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu a frequência do

comportamento de comer até o nível de 0,194% de triptofano. Para a avaliação comportamental realizada em período noturno, houve interação ($P=0,03$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para o comportamento de dormir, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu de forma mais acentuada a frequência de dormir, ao longo dos níveis de triptofano avaliados, quando comparado com o nível basal de piridoxina, de 1 mg/kg. Os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir. Houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer. A suplementação com piridoxina influenciou ($P<0,05$) de forma crescente o peso relativo de coração, mas de forma decrescente a ureia plasmática, opH24 e a perda de líquido por cocção. Houve efeito linear crescente dos níveis de triptofano sobre o rendimento de carne magra mensurado com sistema Hennessy ($P=0,007$); e decrescente sobre o grau de luminosidade da carne (Minolta L*) ($P=0,061$). Foram obtidas respostas quadráticas dos níveis de triptofano sobre a glicose plasmática ($P=0,017$) e sobre o grau de coloração da carne, do amarelo ao azul (Minolta b*), ($P=0,066$). Houve efeito quadrático dos níveis de triptofano sobre a força de cisalhamento do músculo *L.dorsi* ($P=0,006$). Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg, que é inferior a 0,140% ou 3,53 g/dia. No Experimento IV, foram utilizadas 64 fêmeas suínas, mestiças, com peso médio inicial de $70,52 \pm 2,95$ kg; distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,140; 0,167; 0,194 e 0,221%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. O comportamento de comer em período diurno foi influenciado negativamente ($P=0,003$) pelo nível suplementar de piridoxina. Para a avaliação comportamental realizada em período noturno, os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir. A suplementação com piridoxina influenciou ($P<0,05$) de forma crescente o peso relativo de coração, mas de forma decrescente a ureia plasmática, opH24 e a perda de líquido por cocção. Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg, que é inferior a 0,140% ou 3,53 g/dia.

Palavras-chave: aminoácido aromático, comportamento animal, características de carcaça, qualidade de carne

ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate levels of digestible tryptophan and pyridoxine on performance, blood parameters and behavior of barrows and gilts in the growing phase, and two experiments were conducted to evaluate levels of digestible tryptophan and pyridoxine on performance, blood parameters, behavior, quantitative and qualitative carcass characteristics of barrows and gilts in the finishing phase. Experiment I: sixty four crossbred barrows with an average initial weight of 50.08 ± 1.82 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.142, 0.169, 0.196 and 0.223%), with eight replications and one animal per experimental unit. There was a quadratic effect ($P=0.024$) of digestible tryptophan levels on backfat thickness (BT) and the regression ($R^2=0.78$) pointed to the lower value of BT (0.98cm) at the level of 0.195% digestible tryptophan. There was a quadratic effect ($P=0.024$) of tryptophan levels of plasma triglycerides which higher value (42.42 mg/dL) was estimated ($R^2=0.77$) at the level of 0.184% digestible tryptophan. Plasma urea was positively influenced ($P=0.019$), while total protein levels were negatively influenced ($P=0.002$) by the additional level of pyridoxine. The level of 0.142% tryptophan met the requirements of barrows, from 50 to 70 kg, based on performance, carcass characteristics, blood parameters and behaviour, resulting in a daily requirement of 3.14 g of digestible tryptophan. Moreover, the additional pyridoxine did not influence the tryptophan requirements. Experiment II: sixty four crossbred gilts with an average initial weight of 49.17 ± 1.86 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.150, 0.178, 0.206 and 0.234%), with eight replications and one animal per experimental unit. The *longissimus dorsi* muscle depth (MD) had a positive effect ($P=0.020$) of the additional level of pyridoxine (5 mg/kg). In addition,

there was an interaction ($P=0.005$) between the levels of tryptophan and pyridoxine for MD, wherein the additional pyridoxine provided to the higher MD at 0.178% digestible tryptophan. The supplemental pyridoxine also increased ($P=0.038$) plasma creatinine. Tryptophan levels influenced quadratically ($P=0.033$) plasma urea, with estimates ($R^2=0.64$) of lower value for the level of 0.181%. The pyridoxine levels did not affect the digestible tryptophan requirement for gilts from 50 to 70 kg, which is a maximum of 0.150%; resulting in a daily requirement of 3.11 g. Experiment III: sixty four crossbred barrows with an average initial weight of 70.77 ± 2.07 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.130, 0.155, 0.180 and 0.205%), with eight replications and one animal per experimental unit. The behavioral evaluation revealed decreased linearly effect ($P=0.003$) of tryptophan levels on the behavior of sleep and and quadratic effect ($P=0.008$) on eating behavior, both in nighttime. For quantitative variables of carcass, although pyridoxine has shown positive effect ($P < 0.05$) on yield of hot and cold carcass, resulted in a negative effect ($P < 0.05$) on the ham weight and yield. For qualitative variables of *longissimus dorsi*, although pyridoxine has shown positive effect ($P < 0.05$) on pH 24h, it increased the loss of drip and cooking fluid. The dietary digestible tryptophan requirement for barrows from 70 to 100 kg was not higher than 0.130% (4.07 g/day) and did not change due pyridoxine. Experiment IV: sixty four crossbred gilts with average initial weight of 70.52 ± 2.95 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.140, 0.167, 0.194 and 0.221%), with eight replications and one animal per experimental unit. The eating behavior in daytime was negatively influenced ($P=0.003$) by the additional level of pyridoxine. For behavioral evaluation in nighttime increasing levels of tryptophan influenced ($P=0.001$) linearly decreasing the sleeping behavior. The pyridoxine supplementation increased ($P < 0.05$) the relative weight of heart but decreased the plasma urea, the pH measured 24 h after slaughter and the liquid loss by boiling. Pyridoxine levels did not affect digestible tryptophan requirement for sows, from 70 to 100kg, which is less than 0.140% or 3.53 g/day.

Keywords: aromatic amino acid, animal behavior, carcass traits, meat quality

I – INTRODUÇÃO

Os custos com alimentação representam cerca de 75% do custo total de produção e as fontes proteicas participam com aproximadamente 25% deste custo. Além disso, a formulação de rações com base no conceito de proteína bruta pode prejudicar o retorno econômico da atividade, pois o conteúdo aminoacídico da dieta é super ou subestimado, não permitindo que o animal expresse todo o seu potencial produtivo (Suida, 2007).

A nutrição proteica de suínos tem sido foco de inúmeras pesquisas, em que o principal conceito empregado é o da proteína ideal, segundo o qual é necessário fornecer aos animais o balanço exato de aminoácidos, sem deficiências ou excessos, com o objetivo de satisfazer as exigências de manutenção e máximo ganho de proteína corporal (Emmert & Baker, 1997).

Uma grande contribuição para a evolução da nutrição proteica de suínos foi a disponibilização dos aminoácidos sintéticos. A disponibilidade econômica dos aminoácidos industriais (lisina, metionina, treonina, triptofano, valina e isoleucina) para suínos, assim como a melhor avaliação dos ingredientes e dos requerimentos nutricionais, permitem aos nutricionistas formularem rações com menores níveis proteicos e, por ser a proteína o nutriente mais caro da ração, a redução proteica é uma das vias de possível melhoria nos custos de produção (Moura, 2004).

A principal vantagem na utilização do conceito de proteína ideal é que esta pode ser facilmente adaptada a uma variedade de situações, mantendo assim a proporção ideal dos aminoácidos com a lisina, permitindo principalmente a redução do nível proteico das rações. É uma alternativa para diminuir o excesso de nitrogênio nas dietas, de modo a viabilizar a nutrição animal, além de trazer outros benefícios, como a redução da excreção de nitrogênio no ambiente (Berstechini, 2012).

Desse modo, as exigências dos aminoácidos têm sido expressas com base na exigência de lisina, que tem sido escolhida como o aminoácido referência por ser o primeiro limitante na maioria das rações de suínos. A principal função da lisina é a

deposição proteica, além de existirem muitas informações sobre sua concentração e digestibilidade nos alimentos (Haese et al, 2006).

Assim como a lisina, o triptofano também é um aminoácido essencial, devendo, portanto, ser suplementado através da ração, visto que sua síntese não pode ser realizada pelo animal. Mas, além da função de deposição proteica, o triptofano está envolvido em várias vias metabólicas, tais como a serotonina, o ácido nicotínico e a melatonina.

A alta concentração de proteína bruta na dieta resulta em excesso de aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL: valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina), que competem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto a nível intestinal como cerebral. Como resultado, a relação entre ANCL e triptofano no plasma influencia a síntese de serotonina no hipotálamo, tendo como consequência menor quantidade de serotonina produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário (Henry et al., 1992).

Corroborando este relato, Henry et al. (1992), utilizando rações que continham baixo nível de ANCL, demonstraram que 0,09% de triptofano em dieta à base de milho e farelo de soja, para suínos em crescimento e terminação, foi inadequado. Já outra dieta, com 0,13% de triptofano, promoveu resposta positiva primariamente na estimulação da ingestão voluntária de alimentos, com subsequente melhora no ganho de peso, tecido muscular, tecido gorduroso e eficiência alimentar. Estes autores observaram também que o aumento na proteína bruta dietética proporcionou menor quantidade de triptofano disponível para a síntese de serotonina, podendo influenciar negativamente a ingestão de alimentos, especialmente quando o triptofano está limitante.

Além de melhorar o consumo e o desempenho dos animais, o triptofano sintético tem sido adicionado em rações de suínos em terminação para melhorar a qualidade da carne, por diminuir a resposta do animal em relação ao estresse no abate (Pethick et al., 1997) e consequentemente a carne do tipo PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água).

Entretanto, o metabolismo do triptofano relaciona-se com outros compostos metabólicos, tal como a piridoxina. A síntese de serotonina, por exemplo, apresenta duas enzimas dependentes da piridoxina: uma mono-oxigenase e uma descarboxilase (Batabyal & Yeh, 2007). Ainda assim, são escassos estudos envolvendo triptofano e piridoxina, o que justifica a realização de pesquisas com esse propósito para suínos.

1.Revisão de Literatura

1.1. Proteína ideal e nutrição aminoacídica para suínos

O desenvolvimento da nutrição animal, mediante melhor conhecimento do metabolismo proteico, melhor avaliação nutricional dos ingredientes e produção de aminoácidos (AA) industriais, possibilitou a otimização de dietas visando atender os requerimentos nutricionais em proteína e aminoácidos, com o menor custo e o menor impacto da poluição ambiental gerada (Suida, 2007).

Nesse contexto, desde meados de 1960, os nutricionistas empenharam-se em determinar as exigências nutricionais dos animais, com vistas, principalmente, às necessidades de proteína dietética. A partir daí, estabeleceu-se o conceito de proteína ideal, definido primeiramente por Mitchel (1964) como uma mistura de aminoácidos ou proteína com disponibilidade total na digestão e metabolismo, e cuja composição seria idêntica às exigências do animal para manutenção e crescimento. Esse conceito foi primeiramente desenvolvido para a nutrição de suínos, vindo o American Research Council - ARC propor o uso da proteína ideal a partir de 1981.

Posteriormente, Parsons & Baker (1994) relataram que, para ser ideal, a combinação de proteínas de uma dieta deve apresentar os 20 aminoácidos conhecidos em níveis exatamente requeridos para atender às exigências de manutenção e máxima deposição de proteína corporal, sem excesso de aminoácidos. Portanto, o conceito de proteína ideal estabelece que cada aminoácido é igualmente limitante e a excreção de nitrogênio pelo animal é minimizada (Van Heugten & Van Kempem, 1999).

Conceitualmente, proteína ideal consiste no balanço ideal dos aminoácidos da ração, capaz de prover, sem deficiências nem excessos, as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e ao crescimento da espécie (Zaviezo, 1998).

O conceito de proteína ideal, proposto para o uso na nutrição animal, estabelece que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos como proporções ideais ou percentagens de um aminoácido-referência. Isto significa que as exigências de todos os aminoácidos podem ser prontamente estimadas a partir da determinação da exigência do aminoácido-referência. Convencionalmente, o aminoácido utilizado como referência é a lisina (ARC, 1981; Parsons & Baker, 1994; Cuarón, 2000). Por esse conceito, deve-se prever a relação entre os aminoácidos essenciais digestíveis e a lisina digestível,

considerada padrão (100), por ser utilizada basicamente para a síntese proteica, principal componente do tecido magro de suínos.

Segundo Baker & Han (1994), a lisina é utilizada como aminoácido-referência por três razões principais. A primeira delas é que sua análise nos alimentos é relativamente simples, diferente do triptofano e dos aminoácidos sulfurados. Além disso, há uma grande quantidade de dados existentes sobre a digestibilidade da lisina para suínos. Por último, diferentemente de vários aminoácidos (metionina, cistina e triptofano), a absorção da lisina é utilizada principalmente para acréscimo de proteína corporal.

A principal vantagem da aplicação do conceito da proteína ideal é que a relação entre os aminoácidos permanece idêntica, independente do potencial genético dos animais, ainda que as exigências sejam diferentes, de acordo com sexo, idade e capacidade em depositar tecido magro (Caldara et al., 2001).

Entre os aminoácidos essenciais, a lisina, treonina, metionina e o triptofano são considerados como aminoácidos-chave (Hahn & Baker, 1995) e, segundo Fraga (2008), na formulação de dietas, o modelo de proteína ideal geralmente é aplicado apenas aos aminoácidos mais limitantes nos ingredientes das rações. A lisina é o primeiro aminoácido limitante em dietas convencionais para suínos. A treonina é, normalmente, o segundo aminoácido limitante, podendo ser o primeiro, quando a ração for suplementada com lisina sintética (Ribeiro et al., 2006). No entanto, a redução acentuada da concentração proteica implica na necessidade de inclusão de outros aminoácidos sintéticos como, por exemplo, a valina e a isoleucina (Le Bellego & Noblet, 2002).

Ainda assim, a diminuição do nível de PB da ração implica na necessidade de medidas que possam reduzir ou eliminar os problemas gerados, não comprometendo o desempenho dos animais (Suida, 2007). Dessa forma, uma das possíveis soluções seria a utilização de níveis mais baixos de proteína bruta, atendendo às exigências nutricionais mínimas (com a suplementação de aminoácidos sintéticos na forma cristalina), maximizando a utilização das proteínas e atendendo às exigências dos animais pela manutenção dos padrões de produção, obtidos em rações com níveis mais elevados de proteína bruta (Silva, 1998). No entanto, há algumas interações animal/alimento que não podem ser ignoradas, pois influem na disponibilidade dos nutrientes.

Os suínos têm uma exigência diária de aminoácidos para manutenção e síntese de proteínas teciduais. Os aminoácidos são utilizados pelos suínos e a necessidade de

substituição constitui as exigências de manutenção (Moughan, 1994), e a exigência para deposição tecidual é diretamente associada com a capacidade de síntese de proteína do animal (NRC, 1998). A quantidade de aminoácidos que é fornecida acima das necessidades não pode ser armazenada no corpo e, assim, todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto carbônico na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (Larbier & Leclercq, 1994).

De acordo com Wang & Fuller (1989), em suínos, a relação de aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais deve estar em torno de 50/55-45. Outros nutrientes a serem sempre verificados, ao reduzir a proteína da dieta, são a colina e os minerais que influenciam no balanço eletrolítico (K, Na, Cl).

1.1.1. Redução de proteína bruta em dietas para suínos

Durante muitos anos, a formulação de rações para suínos foi baseada no conceito de proteína bruta, que na maioria das vezes fazia com que as dietas tivessem níveis de aminoácidos desbalanceados, resultando em excesso de vários desses nutrientes, ocasionando sua desaminação, ficando o nitrogênio resultante disponível para a síntese de outros compostos ou simplesmente excretado, enquanto a cadeia carbônica era predominantemente utilizada como fonte de energia (Nones, 2002).

Com a disponibilidade de aminoácidos sintéticos, as rações passaram a ser formuladas com níveis desses nutrientes mais próximos das necessidades dos animais, atendendo ao conceito de proteína ideal. Dessa forma, a exigência de proteína total foi reduzida, devido à melhor eficiência de utilização dos aminoácidos, reduzindo a excreção de nitrogênio e o impacto negativo dos dejetos de suínos sobre o meio ambiente (Rademacher, 1997).

Assim, a suplementação de aminoácidos às rações com baixos níveis de proteína para suínos tem apresentado, entre outros, o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas sem, entretanto, reduzir o desempenho produtivo dos animais (De La Llata et al., 2002).

A formulação de dietas visando atender às exigências em alguns AA, apenas com ingredientes de origem animal e/ou vegetal, resulta em grande excesso de AA essenciais e não essenciais, e se não forem absorvidos serão excretados, podendo contaminar o

ambiente com N fecal; se forem absorvidos, mas não forem necessários para uma função específica, serão catabolizados e os resíduos nitrogenados excretados na urina (NRC, 2012). Aarnink&Verstegen (2007) afirmaram que os níveis de proteína da dieta geralmente são maiores que as exigências dos animais, pois são adotadas margens de segurança devido às variações entre animais de diferentes genótipos, estágios de crescimento e variação no conteúdo e digestibilidade dos AA essenciais contidos nos ingredientes.

Uma das maneiras de reduzir o impacto de nutrientes poluidores nos dejetos de suínos é através da combinação de fontes de proteína e/ou a inclusão de AA livres (Dourmad&Jondreville, 2007). A cada 1% de redução da PB em rações para suínos é possível reduzir a excreção de N em 8% e reduzir em mais de 8% a emissão de amônia (NRC, 2012), devido à redução da desaminação do excesso de AA e síntese e excreção de ureia na urina (Fuller et al., 1989). Ford (2003) demonstrou que a utilização de quatro aminoácidos sintéticos (lisina, metionina, treonina e triptofano) levou à redução de 40% de excreção de nitrogênio nas fezes e urina, melhorando o aspecto sanitário das instalações e as condições de trabalho para os funcionários das granjas.

Em um estudo com suínos em fase de crescimento, reduzindo o nível de proteína de 16,60 para 13,00%, com suplementação adequada dos aminoácidos limitantes, Tuitok et al. (1997) não verificaram efeito nas taxas de crescimento, no consumo de ração e na eficiência alimentar dos animais.

Avaliando a suplementação de aminoácidos em dietas com baixo teor de proteína bruta, para leitões machos castrados dos 15 aos 30 kg, Oliveira et al. (2004) concluíram que dietas com baixo teor de proteína bruta, com suplementação de aminoácidos sintéticos, formuladas com base no conceito de proteína ideal, não prejudicaram o desempenho dos animais e as variáveis econômicas e, ainda, proporcionaram redução da excreção de nitrogênio.

Por outro lado, Hansen et al. (1993), utilizando suínos dos 20 aos 50 kg, observaram que rações com 12,00% de PB, mesmo suplementadas com aminoácidos sintéticos, proporcionaram resultados de desempenho inferiores em relação a rações com 16,00% de PB. Esses autores concluíram que a redução do nível de PB deve ser realizada até dois pontos percentuais, para não comprometer o desempenho dos animais.

Ao avaliar dietas com redução de proteína bruta para leitões na fase inicial, Zangeronimo et al. (2006) observaram uma redução na incidência de diarreia.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2006) ao avaliarem o desempenho reprodutivo de porcas primíparas e múltiparas.

De modo semelhante, Ferreira et al. (2005), trabalhando com suínos machos castrados, na fase de crescimento (30 aos 60 kg de peso vivo), obtiveram melhoras nos desempenhos ao reduzirem o nível de proteína bruta nas rações até o limite de 13%.

Shriver et al. (2003) avaliaram o efeito da suplementação de AA livres para reduzir a PB da dieta de suínos na fase de crescimento e terminação. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle à base de milho e farelo de soja, com 18% de PB e 0,78% de lisina digestível e uma dieta à base de milho e farelo de soja com inclusão de AA livres, com 14% de PB e 0,82% de lisina digestível. Os autores observaram menor excreção de N pelos animais que receberam a dieta com 14% de PB, porém não observaram diferença no desempenho (ganho de peso diário, GPD; consumo de ração diário, CRD; conversão alimentar, CA) e características de carcaça (profundidade de músculo, PM; porcentagem de carne magra, PCM; área de olho de lombo, AOL). Já os suínos que receberam a dieta com baixa PB tiveram maior espessura de toucinho (ET) que os animais alimentados com a dieta controle. Este maior teor de gordura na carcaça dos suínos, que receberam dieta com baixa proteína, pode ser explicado pelo menor gasto de energia para a desaminação dos AA em excesso, resultando em maior energia líquida nas dietas e isto pode refletir no aumento da deposição de gordura na carcaça.

Carpenter et al. (2004) avaliaram o efeito da redução dos níveis de PB (20,75; 17,00; 15,00 e 12,25%) com suplementação de aminoácidos limitantes sobre o desempenho, carcaça e excreção de N em suínos machos inteiros dos 45 aos 95 kg. Foi observado aumento linear no CR com a diminuição da PB da dieta e melhor CA e GPD para os animais que consumiram a dieta com 15% de PB. Houve redução na PCM com a diminuição da PB da dieta. Foi observada diminuição de 0,34 e 0,37% na excreção total de N quando o nível de PB da dieta foi reduzido de 20,75 para 15,00 e 12,25%, respectivamente. Os autores concluíram que 15% de PB na dieta é a concentração ótima em termos de desempenho e excreção de N.

Ainda assim, a redução do nível de PB nas rações deve vir acompanhada da suplementação aminoacídica. De acordo com Figueroa et al. (2002), a adição de lisina, metionina, treonina e triptofano nas rações pode proporcionar uma redução de até quatro unidades percentuais de proteína bruta, ou ainda, até cinco unidades percentuais se adicionadas também a valina e a isoleucina, sem prejuízos ao desempenho.

Entretanto, Gómez et al. (2002) avaliaram rações à base de milho e farelo de soja, suplementadas com os quatro principais aminoácidos limitantes, reduzindo o nível de PB em quatro unidades percentuais, e observaram piora no ganho de peso e na eficiência alimentar de suínos em terminação.

Níveis muito reduzidos de PB podem levar à indisponibilidade de AA essenciais, que seriam utilizados para o crescimento do animal. Já o fornecimento de energia na dieta é essencial para minimizar o uso de proteína para geração da energia necessária ao metabolismo. Níveis muito baixos de energia causam desaminação dos AA, limitando a síntese proteica (Black, 2000). Conseqüentemente, as exigências de AA devem estar relacionadas com a composição ótima dos AA disponíveis relativa à energia disponível na dieta (Boisen, 2003).

Uma significativa fonte de ineficiência na deposição de proteína são as perdas aparentes obrigatórias, associadas às altas taxas de *turnover* dos tecidos. De acordo com Bequette (2003), apesar do *turnover* proteico (balanço entre a síntese e degradação de proteína) ser relativamente baixo no músculo (1-4% por dia), apenas 32-46% da proteína sintetizada em animais jovens é retida. Em animais mais velhos esse valor cai para 24% (Bequette, 2003), principalmente pela redução da eficiência de tradução da proteína (Davis et al., 2000) e redução da sensibilidade dos tecidos alvo ao sinal de hormônios e AA (O'Connor et al., 2000).

Em suínos machos inteiros na fase de crescimento, com 39,1kg de peso vivo, alimentados com dietas contendo 14,4% de PB e 0,69% de lisina disponível, aproximadamente 61% do N ingerido é retido, sendo os 39% restantes excretados no ambiente pelas fezes e urina (Ball et al., 2013). Igualmente, o *National Research Council* (NRC, 2012) estima que suínos retêm de 30 a 60% do N ingerido.

A redução da proteína dietética, com a respectiva suplementação de aminoácidos sintéticos, pode reduzir o impacto ambiental, e as quantidades adicionais de cloro (Cl) fornecidas pela lisina-HCl podem exercer efeito mínimo sobre o equilíbrio ácido-base e sobre o desempenho dos animais. Porém, quando além da lisina outros aminoácidos como a treonina e o triptofano são adicionados em grandes quantidades às rações, eles podem propiciar dietas acidogênicas, com efeitos negativos sobre o desempenho (Patience, 1990). Nesse caso, a correção do equilíbrio ácido-base torna-se imprescindível para garantir a produtividade dos animais.

1.2. Exigências de triptofano para suínos

O L-triptofano, quimicamente denominado ácido 2-amino-3-indolpropiónico, é um aminoácido aromático, pois contém um grupo cíclico semelhante ao anel de benzeno (Figura 1).

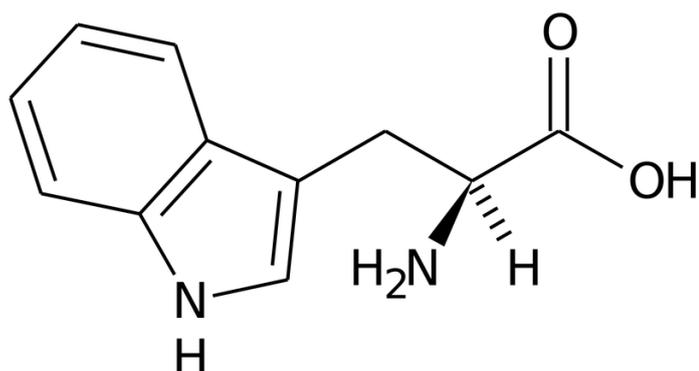


Figura 1. Fórmula estrutural do aminoácido L-triptofano.
Fonte: D'Mello, 2003.

O triptofano pertence à classe dos aminoácidos essenciais aos suínos, ou seja, não são produzidos metabolicamente pelos animais, insatisfazendo às suas necessidades. Dependendo da dieta, este aminoácido pode ser considerado como terceiro limitante para aves e suínos, após a metionina e a lisina. Ao contrário da lisina, que é principalmente utilizada para deposição de proteínas (ganho de peso), o triptofano está envolvido em várias vias metabólicas, sendo a regulação do apetite a mais importante para a produção de suínos (D'Mello, 2003).

O triptofano é o quarto aminoácido limitante em dietas práticas à base de cereais para leitões e suínos em crescimento, depois de lisina, metionina + cistina e treonina (Jansman et al., 2007). Além disso, o triptofano apresenta a mais complexa de todas as vias do catabolismo dos aminoácidos nos tecidos animais.

A alta concentração de proteína bruta na dieta resulta em excesso de aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL: valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina), que competem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto a nível intestinal como cerebral. Como resultado, a relação entre ANCL e triptofano no plasma influencia a síntese de serotonina no hipotálamo, tendo como consequência menor quantidade de serotonina produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário (Henry et al., 1992).

Corroborando este relato, Henry et al. (1992), utilizando rações que continham baixo nível de ANCL, demonstraram que 0,09% de triptofano em dieta à base de milho e farelo de soja, para suínos em crescimento e terminação, foi inadequado. Já outra dieta, com 0,13% de triptofano, promoveu resposta positiva primariamente na estimulação da ingestão voluntária de alimentos, com subsequente melhora no ganho de peso, tecido muscular, tecido gorduroso e eficiência alimentar. Estes autores observaram também que o aumento na proteína bruta dietética proporcionou menor quantidade de triptofano disponível para a síntese de serotonina, podendo influenciar negativamente a ingestão de alimentos, especialmente quando o triptofano está limitante.

Além de melhorar o consumo e o desempenho dos animais, o triptofano sintético tem sido adicionado em rações de suínos em terminação para melhorar a qualidade da carne, por diminuir a resposta do animal em relação ao estresse no abate (Pethicket al.,1997) e conseqüentemente a carne do tipo PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água). A melhoria na qualidade da carne com a adição de triptofano sintético ocorre devido à competição do triptofano com a tirosina, pelo mesmo sítio de ligação na barreira hematoencefálica. Assim, os produtos da tirosina, principalmente a epinefrina, que é responsável pela manifestação do estresse ao abate, não será liberada em concentrações suficientes para o animal manifestar o estresse, resultando em menor incidência de metabolismo anaeróbico e, portanto, menor liberação de lactato no músculo.

De acordo com este relato, Adeola & Ball (1992), estudando o efeito da suplementação de triptofano em suínos estressados, relataram que suínos submetidos ao estresse durante o abate apresentaram concentração de serotonina 28% a menos quando comparados com suínos que estavam com baixo grau de estresse.

Nesse sentido, Burgoonet al. (1992), ao avaliarem níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 80 kg, obtiveram o melhor desempenho com o nível de 0,060% de triptofano total.

Ao avaliarem diferentes níveis de triptofano digestível sobre características de desempenho e de carcaça de suínos, machos castrados e fêmeas, dos 70 aos 95 kg, Lima et al. (2003) obtiveram os melhores resultados ao nível de 0,154% de triptofano digestível. Eder et al. (2003) verificaram que o GPD de suínos na fase de terminação (70 - 90 kg) foi influenciado pelos níveis de triptofano da ração, sendo que a melhor resposta foi obtida para o nível de 0,11% de triptofano digestível. Os autores também

concluíram que os requerimentos de triptofano digestível foram de 0,17 e 0,12%; respectivamente, para fêmeas suínas dos 50 aos 80 e dos 80 aos 115 kg, com base nas variáveis de desempenho.

De modo semelhante, Kendall et al. (2003) obtiveram um nível ótimo de triptofano digestível igual a 0,091%, para suínos, machos castrados, com peso entre 91 e 124 kg. Por outro lado, Guzik et al. (2006) verificaram que a CA de suínos em terminação (75 - 105 kg) melhorou com a adição do triptofano nas rações, sendo a melhor resposta obtida no nível de 0,109% de triptofano digestível, correspondente a uma relação de 21,0% da lisina digestível.

Entretanto, Haese (2006), ao avaliar níveis de triptofano digestível de 0,128 a 0,160%, não verificou efeito significativo dos tratamentos sobre o GPD dos suínos machos castrados, dos 60,0 aos 95,0 kg. Segundo o autor, o menor nível avaliado, de 0,128% de triptofano digestível, foi suficiente para atender às exigências dos animais para o máximo crescimento.

Ao avaliarem níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 90 aos 125 kg, Kendall et al. (2007) obtiveram o melhor desempenho com o nível de 0,097% de triptofano digestível. Esse resultado difere do encontrado por Pereira et al. (2008), que obtiveram um nível ótimo de 0,144% de triptofano digestível para o ganho de peso de suínos, machos castrados, dos 97 aos 125 kg.

Ao realizarem uma metanálise, com o objetivo de selecionar alguns trabalhos envolvendo os estudos com exigências de triptofano em relação à lisina, Corrent et al. (2009) selecionaram 41 trabalhos para o estudo, dos quais 14 foram realizados na América do Norte e 21 na Europa. Não houve influência da região geográfica sobre os valores de exigências, e os autores obtiveram valor médio da relação triptofano:lisina de 0,175%. Entretanto, a ocorrência de algumas variações nos valores de exigências podem ter ocorrido em consequência das metodologias utilizadas para determiná-las, que envolve os modelos experimentais e estatísticos.

Enquanto Rostagno et al. (2011) propõem exigências de 0,160% e 0,149% de triptofano digestível, para suínos machos castrados, dos 50 aos 70kg e dos 70 aos 100kg, respectivamente. O NRC (2012) sugere requerimentos de triptofano digestível, para suínos machos castrados, de 0,120% e 0,100%, respectivamente, nas fases de 50 a 80 kg e de 80 a 120 kg.

Essa divergência de dados leva a crer que o assunto não está esgotado, ensejando novas pesquisas acerca do melhor nível de triptofano digestível para suínos nas fases de crescimento e terminação.

1.2.1. Relação entre triptofano e qualidade de carne

A qualidade de carne é influenciada por diversos fatores, sejam de ordem externa (temperatura, densidade, alimentação, fonte de água, estresse) ou fatores intrínsecos, como a genética, as modificações na composição e características bioquímicas do músculo (Bridi & Silva, 2009).

A principal anomalia observada na carne de origem suína é a síndrome da carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água), cujas características são a baixa capacidade de retenção de água, textura flácida e cor pálida, com elevadas perdas de água durante o processamento, o que se torna indesejável tanto para os consumidores como para a indústria de processamento (Jaturasitha, 2000). Bridi & Silva (2009) explicam que esse evento ocorre devido ao aumento representativo da temperatura do músculo, acúmulo de ácido láctico e aumento da taxa metabólica, o que causa rápida queda do pH antes do resfriamento das carcaças, desnaturando as proteínas musculares.

Nesse sentido, algumas pesquisas têm correlacionado o aparecimento da anomalia PSE com o estresse dos animais momentos antes do abate (pré-abate), mas também com o fornecimento de dietas deficientes em aminoácidos (Ekkel et al., 1997; Li et al., 2006; Koopmans et al., 2006).

Amplo estudo sobre o controle do estresse pré-abate em suínos foi realizado por Aldeola & Ball (1992), que constataram que um grupo de aminas está relacionado à formação de neurotransmissores envolvidos no mecanismo do estresse, incluindo a serotonina (5-hidroxitriptamina) e também as catecolaminas (adrenalina, noradrenalina e dopamina). Os autores observaram que estes neurotransmissores são sintetizados a partir da hidroxilação e/ou decarboxilação de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano).

O triptofano origina a serotonina, que é um neurotransmissor presente no cérebro, e que causa contração da musculatura lisa de arteríolas e bronquíolos. Koopmans et al. (2006) relataram que o triptofano compete com os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) como a tirosina, fenilalanina, leucina, isoleucina e valina para o transporte através da membrana hematoencefálica. Nesse sentido, pesquisas realizadas por

Fernstrom (1994), Liebermann (1994) e Li et al. (2006) avaliaram o envolvimento de fatores dietéticos com a produção de serotonina e catecolaminas, e ainda se estas poderiam ser manipuladas através do fornecimento de uma alimentação com maiores inclusões de triptofano e/ou tirosina para suínos, sobretudo em dietas pré-abate.

Fernstrom (1994) demonstrou que a suplementação dos ANCLem duas a quatro vezes a exigência reduziu a atividade de serotonina no cérebro. Contudo, os carboidratos da dieta podem potencializar o efeito do triptofano, afetando a qualidade do músculo. O efeito redutor do estresse e a melhoria na qualidade de carne gerado pelos aminoácidos dietéticos, segundo Lieberman (1994), pode ser resumido nos seguintes mecanismos:

- a) Efeitos reguladores no mecanismo do estresse como os substratos para neurotransmissores;
- b) Participação ativa na síntese proteica;
- c) Substratos para a gliconeogênese.

Basicamente, a melhoria na qualidade da carne com a adição do triptofano ocorre devido à competição desse aminoácido com a tirosina, pelo mesmo sítio de ligação na barreira hematoencefálica. Assim, os produtos da tirosina (principalmente a epinefrina) responsáveis pela manifestação do estresse ao abate não serão liberados em concentrações suficientes para o animal manifestar o estresse, resultando em menor incidência de metabolismo anaeróbico e, consequentemente, menor liberação de lactato no músculo (Li et al., 2006). Dessa forma, menor incidência de carne PSE deverá ocorrer.

1.3. Metabolismo do triptofano

O triptofano é considerado cetogênico e gliconeogênico. Pode ser degradado diretamente a Acetoacetil-CoA e posteriormente a Acetil-CoA, ou então a piruvato, o qual pode entrar no ciclo do ácido cítrico por meio do oxaloacetato ou Acetil-CoA, (Nelson & Cox, 2011).

Quando absorvido, o triptofano pode ser conduzido até o sistema nervoso central (SNC) onde será convertido em 5-hidroxitriptamina, ou poderá permanecer na periferia. No SNC, a baixa permeabilidade ao triptofano na barreira hematoencefálica exige que este utilize a proteína transportadora de aminoácidos neutros, num processo de

transporte ativo. O triptofano não é o único representante desse grupo e sua ligação ao transportador será disputada com os demais aminoácidos (Oldendorf & Szabo, 1976).

Supõe-se que, em consequência da ingestão de uma refeição com excesso de proteína, ocorre aumento dos níveis séricos de triptofano, possibilitando sua maior passagem ao SNC. Por outro lado, ocorre o inverso logo após as refeições, pois os níveis de triptofano decrescem (Fernstrom & Faller, 1978). Esse efeito é explicado pelo transportador, e sendo o triptofano um dos aminoácidos menos abundantes na dieta, o transportador será saturado pelos demais aminoácidos (Oldendorf & Szabo, 1976), que terão acesso direto ao SNC, e o metabolismo do triptofano ocorrerá pela via periférica.

De forma indireta, a ingestão de carboidratos pode favorecer o transporte de triptofano para o cérebro, pois eleva os níveis séricos de insulina, que, conseqüentemente, favorece a captação de aminoácidos neutros como a fenilalanina, a tirosina, a leucina, a isoleucina e a valina do plasma para os tecidos periféricos. Os aminoácidos neutros competem com o triptofano pelo transportador da barreira hematoencefálica (Dyeet al., 2000).

Portanto, o triptofano, em uma dieta hiperglicídica, fica ligado à albumina (a insulina também aumenta a afinidade deste com a albumina) o que resulta no aumento da proporção de triptofano disponível no sangue (Mooreet al., 2000).

Dos 22 aminoácidos, sendo o triptofano o menos abundante, é importante uma dieta rica em carboidratos para aumentar sua disponibilidade na barreira hematoencefálica a fim de diminuir a competição com os aminoácidos neutros. Ao contrário, dietas com elevados níveis de aminoácidos neutros aumentam a competição pela passagem para o SNC, diminuindo assim a taxa de captação do triptofano (Rouchet al., 1999).

A alta concentração de proteína bruta na dieta resulta em excesso de aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) como a valina, isoleucina, leucina, fenilalanina e tirosina. Estes competem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto no plano intestinal como no cerebral (Figura 2), o que influencia, por exemplo, a síntese de serotonina no hipotálamo.

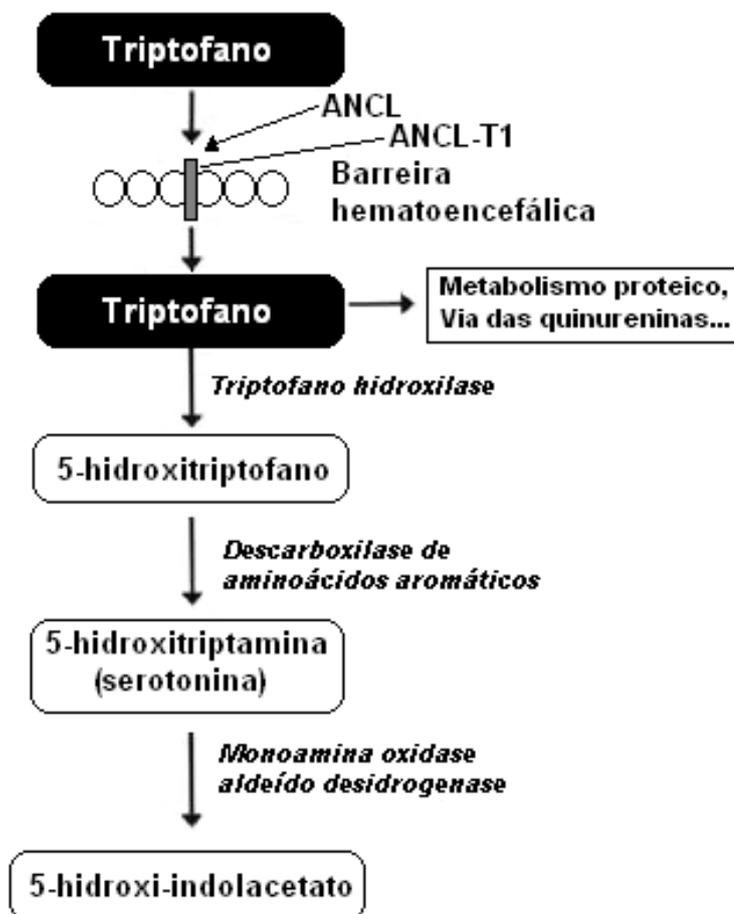


Figura 2. Transporte do triptofano e aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) através da barreira hematoencefálica, por meio do transportador de aminoácidos de cadeia longa (ANCL-T1), e via serotoninérgica cerebral. Fonte: Adaptado de Le Floc'h et al. (2010).

O aumento nos níveis de ANCL ou redução de triptofano nas dietas pode intensificar essa competição na barreira hematoencefálica, ocorrendo assim a saturação dos transportadores e reduzindo a quantidade de triptofano que atravessa a barreira hematoencefálica. Dessa forma, menor quantidade deste aminoácido estará disponível para síntese de serotonina no cérebro, diminuindo o consumo voluntário de alimento (Henry et al., 1992).

Esses relatos podem ser comprovados com os estudos de Jansman et al. (2002), que utilizaram duas dietas para leitões com peso inicial de 9,5 kg, uma com 17 e outra com 20% de proteína bruta (PB), e três relações Trip/ANCL (15; 18; 21; e 15; 19 e 22%, respectivamente, para cada dieta). Os autores observaram que os animais alimentados com a dieta contendo 17% de PB, a qual apresentava maior relação Trip/ANCL, proporcionou melhora no GP e na CA, se comparada à dieta com 20% de PB. Estes parâmetros também aumentaram à medida que aumentou a relação

Trip/ANCL, na dieta com 17% de PB. Isso indica menor competição entre o Triptofano e os ANCL, o que disponibiliza mais triptofano para a produção de serotonina, estimulando a ingestão voluntária de alimento.

As fêmeas são mais sensíveis do que os machos castrados ao desequilíbrio entre o triptofano e os ANCL. Isso pode estar relacionado à distribuição de serotonina no cérebro, que pode ser diferente para ambos os sexos (Henry et al., 1995; Henry et al., 1996).

Segundo o autor supracitado, a deficiência de triptofano resultou na redução do pH da carne dos animais abatidos. Adeola & Ball (1992) constataram que uma correta suplementação de triptofano na ração reduz a incidência de carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água), devido à redução do estresse, proporcionada pelo aumento da síntese de serotonina no cérebro.

Segundo Haese (2006), devido à influência que o triptofano apresenta sobre a ingestão voluntária de alimentos pelos suínos, e também devido às diferentes respostas expressas por machos e fêmeas, bem como em função de diferentes relações entre o triptofano e os ANCL, pode haver inconsistência nos resultados obtidos, gerando valores de exigências controversos. Henry et al. (1992) relataram que a menor relação entre o triptofano e os ANCL resultou em diminuição da disponibilidade de triptofano no cérebro, reduzindo a produção de serotonina, um neurotransmissor que estimula o consumo de alimento pelos animais.

Em consequência do seu envolvimento nos diversos caminhos metabólicos, o triptofano e seus metabólitos regulam os efeitos neurocomportamentais, tais como apetite, sono, ritmo, impulsividade, agressividade, comportamento sexual e percepção de dor (Guzik, 2002).

1.3.1. Síntese de serotonina

A via de oxidação do triptofano leva à produção de serotonina no cérebro. Neurônios serotoninérgicos surgem dos núcleos da rafe e se projetam para o hipocampo, córtex, cerebelo e tronco cerebral, o que sugere sua participação em vários processos fisiológicos. Essas regiões participam de várias funções cognitivas, tais como o controle do humor e da coordenação motora e sensorial (Ohashi et al., 2003). A

serotonina, portanto, está associada a várias doenças de comportamento como a esquizofrenia, o alcoolismo, dependência química, depressão, Alzheimer, demência, entre outras (Galter e Unsicker, 2000).

A serotonina ou 5-hidroxitriptamina (5-HT) é considerada um neurotransmissor modulatório, encontrado no sistema nervoso, desde o início da formação do SNC, por volta do décimo segundo dia gestacional em ratos. Por isso, a serotonina parece ser essencial para a formação dos circuitos neurais. Em mamíferos, como roedores e primatas, os níveis de serotonina e a expressão de seus receptores de alta afinidade são altos no cérebro imaturo (Azmitia et al., 1996).

A serotonina é sintetizada nos núcleos da rafe, a partir do aminoácido essencial triptofano, que é captado de forma ativa do plasma por carreadores de aminoácidos neutros. Dessa forma, a variação desse aminoácido no plasma influencia diretamente a síntese de serotonina na rafe (Blundell, 1992). Após ser captado, o triptofano é convertido em 5-hidroxitriptofano, pela enzima triptofano hidroxilase, a partir de uma hidroxilação na posição cinco do anel aromático, formando 5-hidroxitriptofano (5-HTP). Esta enzima é sintetizada principalmente nos núcleos da rafe, e só é encontrada em células que sintetizam serotonina, portanto, sua distribuição no cérebro é semelhante à da serotonina (Whitaker-Azmitia, 2001)

Após esse processo, o neurotransmissor é armazenado em vesículas por meio de um mecanismo mediado por bomba de prótons (Erickson et al., 1992). Estando então armazenado em vesículas, uma despolarização no neurônio serotoninérgico induz à liberação vesicular deste neurotransmissor por meio de um mecanismo dependente de cálcio. O influxo de cálcio, com ou sem despolarização de membrana, pode aumentar a liberação de serotonina (Rotondo et al., 1997).

O controle da liberação de serotonina também é feito por autorreceptores que podem ser de diferentes subtipos, dependendo da espécie, tais como os tipos 5-HT_{1A} e 5-HT_{2A}, que são amplamente distribuídos nas camadas visuais do colículo superior, uma região do SNC que se localiza na superfície dorsal do mesencéfalo. O aumento da concentração extracelular de serotonina ativa os auto-receptores pré-sinápticos, diminuindo a liberação do neurotransmissor (Raymond et al., 2001).

A função da serotonina no desenvolvimento do sistema nervoso central é mediada principalmente pelos receptores 5-HT_{1A} e 5-HT_{2A} (Azmitia, 2001). O receptor 5-HT_{1A}, localizado tanto em sítios pré-sinápticos como em pós-sinápticos, possui alta afinidade para serotonina, além de desempenhar importantes funções na regulação

neuroendócrina e térmica, em comportamentos como o sexual e o alimentar, na função imune, estabelecimento de memória, controle da depressão e ansiedade (Barnes & Sharp, 1999; Debski & Cline, 2002; Adellet al., 2002).

A capacidade de responder prontamente a modificações no microambiente constitui uma importante característica do sistema serotoninérgico. Estes neurônios podem alterar em até quatro vezes o volume celular em resposta à variação principalmente de hormônios esteróides e concentração de neuropeptídeos (Azmitia et al., 1996).

A serotonina tem sido implicada na regulação de atividades que regem o comportamento, incluindo o ritmo cardíaco, sono/vigília e fenômenos cognitivos, como aprendizado e memória (Mcnamara & Skelton, 1993). Manipulações experimentais dos níveis de serotonina causam alterações na frequência alimentar, ao modular negativamente no hipotálamo a ação de mensageiros reguladores do apetite, como as leptinas e o neuropeptídeo Y, influenciando ainda a expressão gênica da síntese de grelina (Meguid et al., 2000).

As células ganglionares da retina possivelmente captam e armazenam serotonina durante as duas primeiras semanas pós-natal, pois foi observada a expressão de transportadores para serotonina bem como para monoaminas vesiculares (Upton et al., 1999). Em astrócitos (tipos celulares específicos, que preenchem os espaços entre os neurônios), a serotonina é um estímulo para a liberação de S-100 β , fator permissivo da sobrevivência neural (Whitaker-Azmitia, 2001). Estes achados sugerem que antes de assumir seu papel como neurotransmissor, a serotonina atua direta e indiretamente como fator trófico para as células em desenvolvimento (Mazeret et al., 1997).

A serotonina parece levar a sonolência em fêmeas, e em machos tem somente efeito sedativo (Devlin, 2002). Desta forma, o triptofano está relacionado com a regulação do consumo de alimento, sendo precursor da serotonina, que desempenha um papel central nesse processo (Jansman et al., 2007). Alguns dos intermediários no catabolismo do triptofano são precursores necessários para a biossíntese de outras biomoléculas importantes, incluindo o nicotinato, um precursor do NAD e do NADP nos animais (Nelson & Cox, 2011).

1.3.2. Síntese de melatonina

O metabolismo subsequente da serotonina resulta na produção de melatonina, um neurohormônio (Guzik, 2002) que induz ao sono (Devlin, 2002). A melatonina é produzida em quantidades variadas no organismo e está envolvida na regulação do ritmo biológico, dia/noite, que é influenciado pela luz (Lydic & Baghdoyan, 1999).

A melatonina é sintetizada em diferentes concentrações, de acordo com o tecido corporal, sendo sua produção favorecida pela ausência da incidência de luz no nervo óptico, haja vista que durante a noite a concentração de melatonina plasmática chega a ser 10 vezes maior que durante o dia, em mamíferos (Devlin, 2002).

Além de influenciar positivamente o ritmo circadiano dos estados de sono-alerta, a melatonina também tem sido pesquisada como um potencial destruidor intracelular de radicais hidroxil e peróxidos (Heine et al., 1995), influenciando também o desenvolvimento de folículos pilosos em animais (Rouvinen et al., 1999).

A melatonina é sintetizada principalmente na glândula pineal e na retina, apesar de haver alguma síntese de melatonina em outros locais, como por exemplo intestino e células sanguíneas. A luz incide sobre a retina, que envia informação para o núcleo supraquiasmático. Fibras pré-ganglionares simpáticas projetam-se sobre o gânglio cervical superior que, por sua vez, projeta-se sobre a pineal. Os neurotransmissores simpáticos (noradrenalina e ATP) participam da síntese de melatonina (Guzik, 2002).

A síntese da melatonina inicia-se com a serotonina, que é acetilada a N-acetilserotonina, a qual é metilada, resultando na melatonina (Figura 3). As enzimas responsáveis por estas duas fases são a arilalquilamina N-acetiltransferase (NAT) e a hidroxindol-O-metiltransferase (HIOMT). A enzima NAT apresenta um robusto ritmo diário, atingindo concentrações 100 vezes superiores em condições de escuro, quando comparado ao claro. O ritmo da segunda enzima é menos evidente, mas a HIOMT participa da regulação sazonal da produção de melatonina. Esta variação diária na enzima NAT faz com que a redução dos níveis de serotonina na fase de escuro seja acompanhada por aumento das concentrações de N-acetilserotonina e melatonina (Ribelayga et al., 2000).

A melatonina circulante é ocupada por todos os tecidos, incluindo o cérebro, mas é rapidamente metabolizada por hidroxilação, seguida por conjugação com sulfato ou com ácido glicurônico. O tecido renal, o hepático e as bactérias fecais convertem

triptofano para triptamina, e então a indole 3-acetato. Os principais catabólitos urinários do triptofano são 5-hidroxi-indol-acetato e o indol3-acetato (Guzik et al., 2005).

A melatonina atua como um agente endócrino ou parácrino. Como função mais abrangente, este neuro-hormônio ajusta a resposta do organismo às condições de escuro, permitindo que haja uma adaptação às atividades e desempenhos noturnos de cada animal. Na maioria dos órgãos e tecidos, a chegada da melatonina ocorre pela via circulatória e, portanto, reflete a atividade da glândula pineal. Na retina, a melatonina é produzida de forma rítmica localmente, e também tem como função adaptar os animais ao escuro (Ribelayga et al., 2000).

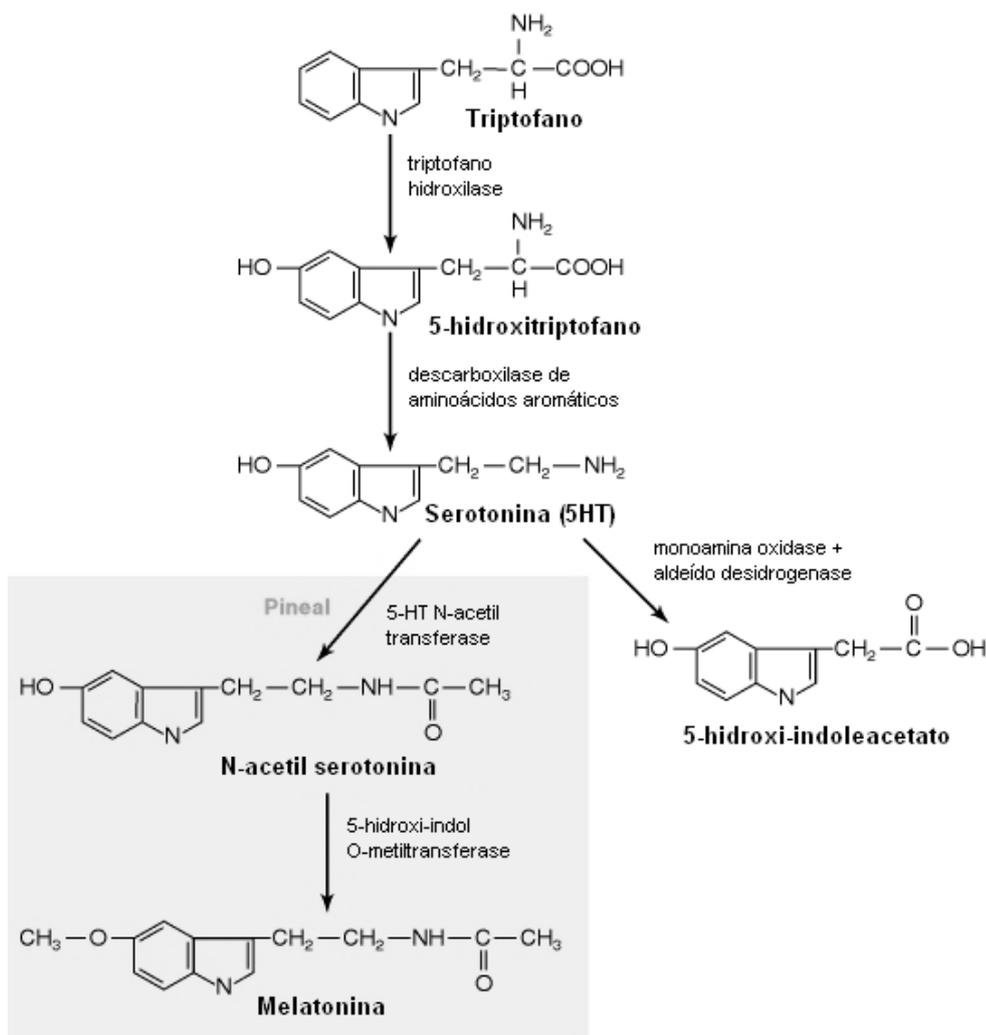


Figura 3. Esquema ilustrativo das vias de síntese de serotonina e melatonina.
Fonte: Adaptado de Henry & Sève, 1993.

A percepção visual implica em mecanismos de adaptação a diferenças na iluminação ambiental. A melatonina e a dopamina produzidas localmente exercem funções opostas, ou seja, a melatonina favorece a via dos bastonetes e a dopamina a dos

cones, permitindo que a visão seja adaptada à quantidade de luz que atinge a retina. A melatonina sintetizada no escuro inibe a liberação de dopamina, além de ter uma ação direta sobre o alongamento dos segmentos externos dos cones e uma diminuição dos segmentos externos dos bastonetes (Guzik, 2002).

Além das funções circadianas, está bem estabelecido que a melatonina tem influência sobre a sincronização da resposta reprodutora de vários animais, apropriada às condições ambientais. A melatonina pode agir de forma pró-gonadotrófica, ou antigonadotrófica, dependendo da espécie animal, haja vista que existem sítios de ligação para melatonina nas gônadas, no epidídimo, no ducto deferente e na glândula mamária, sugerindo vários locais de ação (Vanecek, 1998).

Em mulheres, foi demonstrado que as concentrações de melatonina e de progesterona variam de acordo com as estações do ano, e que há uma correlação negativa entre melatonina e a produção de estrógeno. A melatonina em humanos possui importante ação antigonadotrófica, visto que inibe a produção de hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), que é essencial para o desenvolvimento das gônadas na fase de puberdade (Vanecek, 1998).

1.3.3. Via catabólica do triptofano

O metabolismo periférico do triptofano ocorre de duas maneiras, em que uma rota é reversível e a outra não. A primeira compreende incorporação do triptofano na síntese proteica no fígado e em outros tecidos (Christensen, 1964; Munro, 1970). Esses depósitos de triptofano podem ser mobilizados, sendo posteriormente ofertados ao SNC (Bloxam et al., 1974). A rota irreversível envolve a ação da enzima triptofano dioxigenase/pirrolase.

No homem, a via principal do catabolismo do triptofano inicia-se com a oxidação do triptofano a N-formilquinurenina, por meio da enzima triptofano dioxigenase (Figura 4), também conhecida como triptofano pirrolase (Devlin, 2002). Esta rota é irreversível, e a secreção da triptofano dioxigenase é estimulada pelos níveis séricos de triptofano e corticóides, ou seja, quanto maiores os níveis séricos de triptofano maior será a secreção da enzima (Joseph et al., 1976; Young & Oravec, 1979). Em consequência disso, a meia vida do triptofano é diminuída, sendo inversamente proporcional ao tamanho da dose administrada (Green et al., 1980).

O glucagon também é um estimulante da triptofano dioxigenase, que é encontrada no fígado. A formamidase hidrolisa formilquinurenina a formato e quinurenina. Nesse ponto, a via começa a se ramificar. Na via dominante, as reações levam a 3-hidroxiquinurenina, ácido 3-hidroxiantranílico e alanina, semialdeído aminocarboximucônico e, por descarboxilação, semialdeído aminomucônico. Este pode ser metabolizado em várias etapas, a glutarato e, eventualmente, a acetoacetyl-CoA, ou reciclado não enzimaticamente a ácido picolínico, que é excretado na urina (Devlin, 2002).

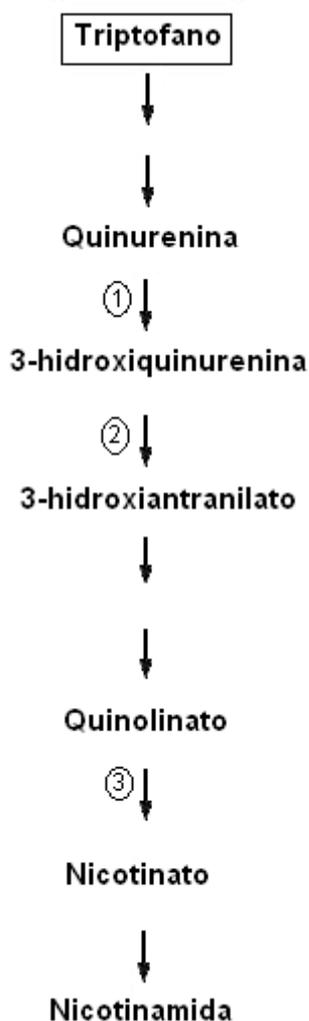


Figura 4. Degradação do triptofano a quinurenina e nicotinamida. Enzimas: 1=quinurenina 3-oxigenase; 2=quinureninase; 3=quinolinato transfosforibosilase. Fonte: Adaptado de D'Mello (2003).

Existe outro caminho, no qual o ácido 3-hidroxiantranílico entra na síntese do ácido nicotínico através do ácido quinolínico, formando a nicotinamida (vitamina B3). Ainda assim, muitas substâncias fisiologicamente ativas e de ocorrência natural, tais

como o ácido indolacético, um tipo de fito-hormônio, e a estricnina, um tipo de alcalóide indolólico, são derivados do triptofano (Le Floch & Sève, 2007).

De forma mais específica, a atividade do triptofano no controle de respostas imunes e inflamatórias se dá pela atividade da enzima indolamina 2,3-dioxigenase (IDO), estimulada pela atividade de interferons, conforme exposto da Figura 5. Em suínos, por exemplo, Melchior et al. (2005) cita que existe esse envolvimento do triptofano sobre a imunidade dos animais.

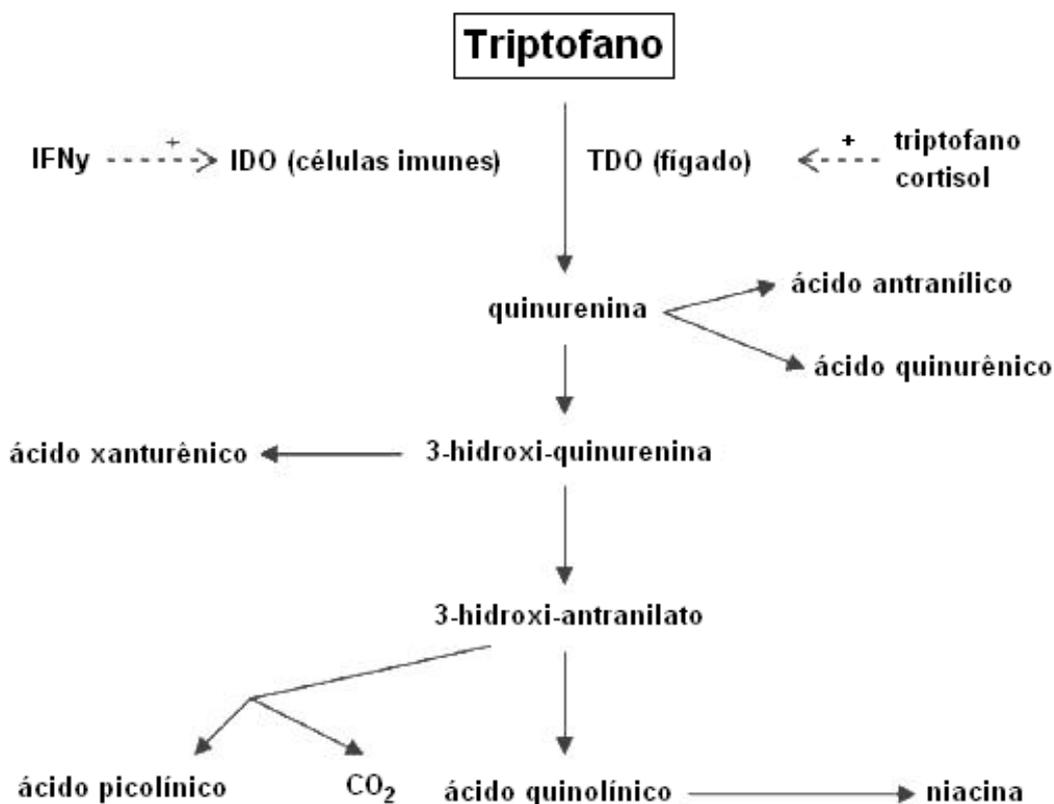


Figura 5. Catabolismo do triptofano pela via da quinurenina. IFN γ = interferon- γ ; IDO= Indolamina 2,3-dioxigenase; TDO= triptofano dioxigenase. Fonte: Adaptado de Le Floch & Sève (2007).

O envolvimento do triptofano no controle da resposta imune parece estar associado à atividade da enzima IDO, que regula o catabolismo do triptofano em quinurenina. Esta corresponde à primeira etapa de uma via metabólica que conduz à produção de ácidos xanturênico e antranílico, e, eventualmente, ácido picolínico e niacina.

Em suínos, a inflamação pulmonar crônica induziu a uma diminuição nas concentrações plasmáticas de triptofano em comparação a leitões saudáveis, de modo que o triptofano foi o único aminoácido que apresentou uma resposta específica nessa condição (Melchior et al., 2005).

Uma explicação pode ser um aumento do catabolismo do triptofano, através da via da quinurenina após a ativação da enzima IDO. De fato, os suínos que apresentaram inflamação pulmonar expressaram maior atividade da IDO nos pulmões e gânglios linfáticos em comparação aos leitões saudáveis.

Em outras espécies, também, a depleção de triptofano livre no plasma tem sido associada ao aumento da degradação do triptofano sob ativação da IDO, em diferentes estados inflamatórios (Takikawa et al., 1986; Brown et al., 1991; Saito et al., 1992; Le Floch et al., 2004).

A enzima IDO é estimulada por citocinas pró-inflamatórias, especialmente o interferon- γ (IFN- γ) (Takikawa et al., 1998; Fujigaki et al., 2001). Essa enzima necessita de um ânion superóxido e de oxigênio molecular para a sua atividade (Thomas & Stocker, 1999). Além disso, a IDO apresenta ampla distribuição nos tecidos e células, mas o fígado é o maior local de concentração (Yoshida et al., 1981; Yamazaki et al., 1985; Hansen et al., 2000). A indução da via da IDO tem sido proposta como um mecanismo que limita a disponibilidade de triptofano durante um processo inflamatório, mas que desempenha papéis importantes na regulação das respostas imunológicas e inflamatórias (Pfefferkorn, 1984; Christen et al., 1990; Mellor & Munn, 2001).

Em suínos, Le Floch et al. (2004) mostraram que o nível de triptofano dietético foi capaz de influenciar a resposta inflamatória. De fato, suínos diagnosticados com inflamação pulmonar apresentaram menor concentração de haptoglobina plasmática quando foram alimentados com uma dieta balanceada em triptofano em comparação com suínos alimentados com uma dieta deficiente em triptofano. A haptoglobina é uma importante proteína de fase aguda, usada como indicadora de processos inflamatórios em suínos. A atividade da IDO mensurada nos pulmões e gânglios linfáticos também foi menor com a oferta adequada de triptofano dietético. Além disso, as lesões pulmonares examinadas no momento do abate foram menos evidentes nos suínos alimentados com uma dieta equilibrada em triptofano. Os resultados obtidos por Le Floch et al. (2004) sugerem que a resposta inflamatória foi reduzida quando os suínos foram alimentados com uma fonte de triptofano adequada.

Em resumo, existem três importantes funções biológicas da via metabólica do triptofano, induzidas pelas citocinas:

1- Em primeiro lugar, a enzima IDO é capaz de mediar efeitos antimicrobianos (Däubener & MacKenzie, 1999), uma vez que células ativadas por IFN- γ são capazes de inibir o crescimento de agentes patogênicos (Pfefferkorn, 1984; MacKenzie & Hadding, 1998; Däubener & MacKenzie, 1999). Os mecanismos antimicrobianos gerados por indução de IDO não são completamente compreendidos, mas o que mais se encontra na literatura científica é a capacidade da enzima em reduzir a disponibilidade de triptofano para o crescimento de patógenos no microambiente celular infectado (Pfefferkorn, 1984; Däubener & MacKenzie, 1999; Mellor & Munn, 2001).

2- Outro importante papel da IDO está no controle da proliferação de linfócitos. As células que expressam a síntese da enzima IDO, tais como os macrófagos e as células dendríticas, são capazes de inibir a proliferação de células T em resposta ao desafio antigênico (Munn et al., 1999; Mellor & Munn, 2001; Mellor et al., 2002). Nesse sentido, Munn et al. (1999) e Fallarino et al. (2002) sugerem que a IDO pode suprimir as células T ou induzir ao esgotamento do triptofano local e através da produção de metabólitos de triptofano, tais como os ácidos 3-hidroxiantrânico e quinolínico, ambos responsáveis pela apoptose das células T. Sobre esse assunto, Frumento et al. (2002) mostraram que produtos derivados do catabolismo do triptofano, tais como a quinurenina e ácido picolínico, foram responsáveis pela inibição da proliferação de células *natural killer*, induzidas pela IDO.

3- Finalmente, a indução da IDO também tem sido eficaz como um sistema protetor, agindo localmente contra os radicais livres. Esta função pode ser atribuída diretamente à ativação da IDO, que irá remover os radicais superóxido, usando-os como cofator (Thomas & Stocker, 1999) e também, indiretamente, por meio da produção de metabólitos, tais como o ácido 3-hidroxi-antranílico e 3-hidroxi-quinurenina, que podem funcionar como antioxidantes (Christen et al, 1990; Goda et al, 1999.).

1.4. Relação metabólica entre triptofano e piridoxina

A vitamina B6 (Figura 6), também denominada piridoxina, é quimicamente definida como 3-hidroxi-4,5-di-hidroximetil-2-metilpiridina. Os análogos

biologicamente ativos da piridoxina são o aldeído piridoxal e a amina piridoxamina. Todas têm como composto ativo a coenzima piridoxal 5-fosfato (PLP). A piridoxina é oxidada *in vivo*, gerando o piridoxal. A característica marcante da reatividade química do piridoxal é a capacidade de seu grupo aldeído reagir com grupos amino primários (aminoácidos, por exemplo) para formar bases de Schiff. O efeito de remoção de elétrons da base de Schiff resultante torna livre outras ligações do carbono, sendo essa a base das funções catalíticas do piridoxal e da piridoxamina (Combs Jr., 2008).

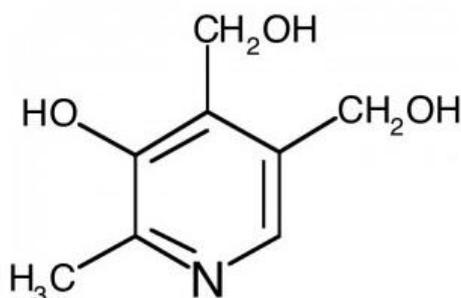


Figura 6. Estrutura química da vitamina B6 (piridoxina). Fonte: Combs Jr. (2008).

Sobre os papéis da piridoxina no organismo animal, Combs Jr. (2008) ressalta a grande importância dessa vitamina como cofator enzimático em reações de glicogenólise, que ocorrem preferencialmente pelo organismo para manter o metabolismo energético, numa situação de queda na glicemia. A vitamina B6, na forma de piridoxal fosfato, liga-se a um resíduo peptidolísínico, por meio de uma base de Schiff, ativando assim a enzima glicogênio fosforilase, que libera a glicose.

O autor supracitado ainda explica que, ao contrário das outras enzimas piridoxal-fosfato dependentes, as fosforilases constituem um grupo de coenzimas cataliticamente importante, que participam da transferência de fosfato inorgânico para as unidades de glicose do glicogênio, produzindo glicose-1-fosfato, que será prontamente disponibilizada para manter a glicemia. Nelson & Cox (2011) reiteram que a transformação da enzima glicogênio fosforilase, de sua forma inativa para a forma ativa, envolve um aumento nas ligações com a coenzima (piridoxina). Este papel da piridoxina no organismo animal responde pela utilização de mais da metade de sua concentração total disponível, devido à abundância da enzima glicogênio fosforilase nos músculos (cerca de 5% de proteína solúvel do músculo).

O triptofano, por se tratar do aminoácido cuja rota metabólica é a mais complexa dentre os essenciais, relaciona-se com outros compostos metabólicos, tal como a

vitamina B6. A síntese de serotonina, por exemplo, apresenta duas enzimas dependentes da vitamina B6: uma mono-oxigenase e uma descarboxilase (Batabyal & Yeh, 2007). O triptofano também pode ser catabolizado a outros compostos, por meio da via da quinurenina, associada com a defesa corporal e responsável pela modulação da resposta imunológica (Moffett & Namboodiri, 2003; Le Floch & Sève, 2007).

Entretanto, as enzimas responsáveis pela conversão do triptofano em compostos como a quinurenina, ácido quinurênico, ácido xanturênico, niacina e ácido quinolínico utilizam a vitamina B6 como cofator enzimático, catalizando a via catabólica do triptofano, conforme exposto na Figura 7.

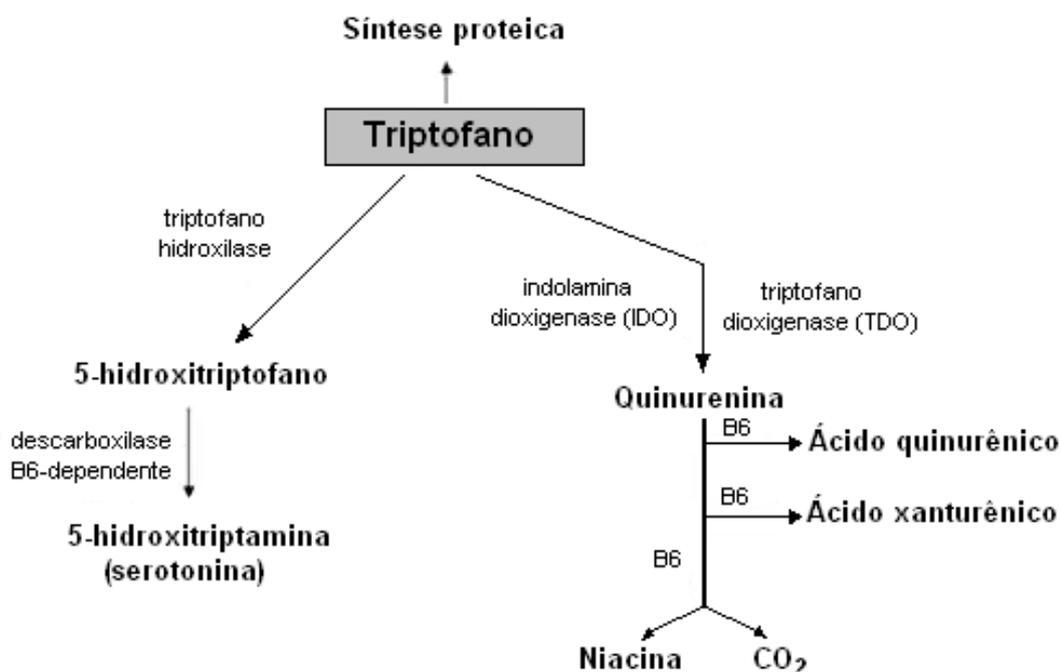


Figura 7. Integração metabólica entre as rotas do triptofano e a vitamina B6. Fonte: Adaptado de Le Floch & Sève (2007).

No que tange ao metabolismo de proteínas, a piridoxina participa ativamente em reações de transaminação, dissulfidração e descarboxilação dos aminoácidos. Também é fundamental para ativação das enzimas responsáveis pela síntese de neurotransmissores (dopamina, histamina, serotonina e epinefrina), sendo, portanto, fundamental para a manutenção da integridade funcional do cérebro, por resultar na síntese desses compostos vitais, conforme exposto na Figura 8.

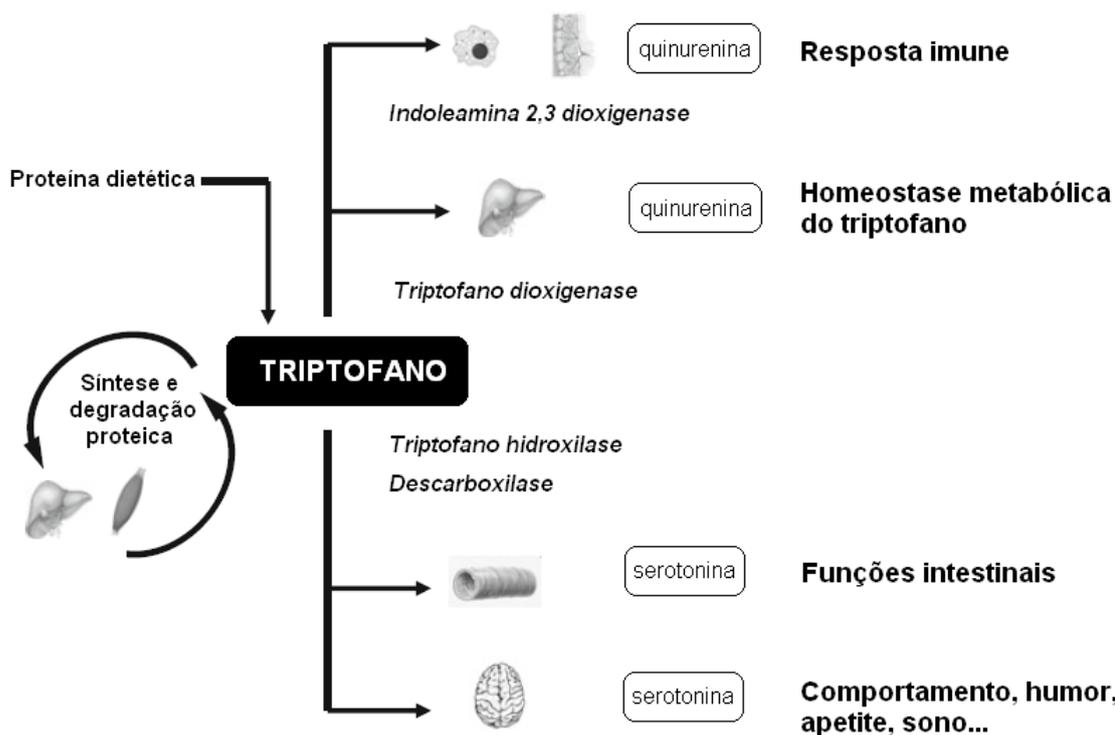


Figura 8. Metabolismo simplificado do triptofano nos diferentes tecidos corporais. Fonte: Adaptado de Le Floch et al. (2010).

Convencionalmente, nas reações de transaminação, o piridoxal-fosfato age como um carreador intermediário de grupos amino, no sítio ativo das aminotransferases. Assim, o piridoxal-fosfato é convertido à sua forma aminada, qual seja a piridoxamina-fosfato, mas em seguida já doa um radical amina (NH_3) para um α -cetoácido específico.

O metabolismo do triptofano e vitamina B6 são complexos, e as quantidades de pesquisas realizadas ainda são poucas, em vista dos resultados benéficos que provavelmente possam existir, como elevação da imunidade gastrointestinal devido à produção de quinureninas, redução do estresse devido à maior produção de serotonina, melhora nos parâmetros imunológicos e formação de ácido nicotínico (vitamina B3), por meio do triptofano, quando a dieta for deficiente nesta vitamina.

Em termos de exigências nutricionais, o NRC (2012) propõe que o nível dietético de vitamina B6 para suínos nas fases de crescimento (50-75 kg) e terminação (75-100 kg) seja de 1,00 mg/kg, enquanto Rostagno et al. (2011) propõem níveis específicos para suínos nas fases de crescimento (50-70 kg) e terminação (70-100 kg), correspondentes a 1,41 e 1,20 mg/kg, respectivamente.

Citação bibliográfica

- AARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 109, n. 1-3, p. 10, 2007.
- ADELL, A., CELADA, P., ABELLAN, M. T. & ARTIGAS, F. Origin and functional role of the extracellular serotonin in the midbrain raphe nuclei. **Brain. Res. Rev.**39, 154-180, 2002.
- ADEOLA, O.; BALL, R. O. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine. **Journal Animal Science**.v.70, p.1888-1894, 1992.
- AMERICAN RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirements of Pigs**. Commonwealth Agricultural Bureau. Slough, UK. 1981, 307p.
- AZMITIA, E. C. Modern views on an ancient chemical: serotonin effects on cell proliferation, maturation, and apoptosis. **Brain. Res. Bull.**56, 413-424, 2001.
- AZMITIA, E. C., GANNON, P. J., KHECK, N. M. & WHITAKER-AZMITIA, P. M. Cellular localization of the 5-HT1A receptor in primate brain neurons and glial cells. **Neuropsych. Rev.**14, 35-46, 1996.
- BAKER, D. H., HAN, Y., Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. **Poultry Science Journal**, v.73, p.1441-1447, 1994.
- BALL, M. E. E. et al. The effect of level of crude protein and available lysine on finishing pig performance, nitrogen balance and nutrient digestibility. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 26, n. 4, p. 564-572, 2013.
- BARNES, N. M. & SHARP, T. A review of central 5-HT receptors and their function. **Neuroph. Rev.**38, 1083-1152, 1999.
- BATABYAL, D.; YEY, S.R. Human tryptophan dioxygenase: a comparison to indoleamine 2,3-dioxygenase. **J. Am. Chem. Soc.**, v.129, p.15690–15701, 2007.
- BEQUETTE, B. J. Amino acid metabolism in animals: an overview. In: D’MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: CABI, 2003. 515 p.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. 2 Ed., UFLA, Lavras, MG, 2012, 373p.
- BLACK, J. Amino acid and energy requirements. In: MOUGHAN, P.J.; VERSTEGEN, M. W. A.; VISSER, M. **New Developments in Feed evaluation**. The Netherlands: Wageningen pers., 2000. p. 189-207.
- BLOXAM, D.L.; WARREN, W.H.; WHITE, P.J. Involvement of the liver in the regulation of tryptophan availability: possible role in the responses of liver and brain to starvation. **Life Sciences**, v.15, p. 1443-1445, 1974.

- BLUNDELL, J. E. Serotonin and the biology of feeding. **Am. J. Clin. Nutr.** 55, 155S-159S, 1992.
- BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: CABI, 2003. 515 p.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midigraft, 120p. 2009.
- BROWN, R.R.; OZAKI, Y.S.; DATTA, P.; BORDEN, E.C.; SONDEL, P.M.; MALONE, D.G. Implications of interferon-induced tryptophan catabolism in autoimmune diseases and AIDS. **Adv Exp Med Biol**, v.294, p.425-435, 1991.
- CALDARA, F.R.; BERTO, D.A. ; BISINOTO, S.K. et al. Exigências de Lisina de Leitões (6 a 11 kg) Alimentados com Rações Formuladas com Base no Conceito da Proteína Ideal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: SBZ. 2001, p.884-885.
- CARPENTER, D. A.; O'MARA, F. P.; O'DOHERTY, J. V. The effect of dietary crude protein concentration on growth performance, carcass composition and nitrogen excretion in entire grower-finisher pigs. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, Carlow, v. 43, p. 227-236, 2004.
- CHRISTEN, S.; PETERHANS, E.; STOCKER, R. Antioxidant activities of some tryptophan metabolites: possible implication for inflammatory diseases. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v.87, p.2506-2510, 1990.
- CHRISTENSEN, H.N. Free amino acids and peptide in tissues. In: MUNRO, H.N. & ALLISON, J.B. (Ed.) **Mammalian Protein Metabolism**. v. 1, New York, Academic Press, p. 105-124, 1964.
- COMBS JR., G.F. **The Vitamins – Fundamental aspects in nutrition and health**. 3rd Edition, Elsevier Academic Press, 2008, 583 p.
- CORRENT, E. et al. In: **Recent advances in animal nutrition**. p. 287-310. University of Nottingham, 2009.
- CUARÓN, J.A. Proteína Ideal en la Alimentación de Cerdos: Aspectos Prácticos. In: BUTOLO, J.E., JUNQUEIRA, O.M.; MIYADA, V.S.; CYRINO, J.E.P. (Eds.). Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Campinas, **Anais...**CBNA. Campinas, SP. 2000, p.197-220.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. CABI Publishing, United Kingdom: Edinburgh, 2 Ed., 515p. 2003.
- DÄUBENER, W.C.; MACKENZIE, R. IFN-gamma activated indoleamine 2,3-dioxygenase activity in human cells is an antiparasitic and an antibacterial effector mechanism. **Adv. Exp. Med. Biol.**, v.467, p.517-524, 1999.
- DAVIS, T.A., NGUYEN, H.V., SURYAWAN, A., BUSH, J.A., JEFFERSON, L.S. AND KIMBALL, S.R. Developmental changes in the feeding-induced stimulation

- of translation initiation in muscle of neonatal pigs. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 279, n. 6, p. 1226–34, 2000.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.
- DEBSKI, E. A.; CLINE, H. T. Activity-dependent mapping in the retinotectal projection. **Curr. Opin. Neurobiol.**12, 93-99, 2002.
- DEVLIN, T.M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. 2002.
- DOURMAD, J. Y.; JONDREVILLE, C. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 192–198, 2007.
- DYE, L., LLUCH, A. & BLUNDELL, J. E. Macronutrients and mental performance. **Nutr.Rev.**16, 1021-1034, 2000.
- EDER, K.; NONN, H.; KLUGE, H. et al. Tryptophan requirement of growing pigs at various body weights. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.336-346, 2003.
- EKKEL, E.D.; SAVENIJE, B.; SCHOUTEN, W.G.P. et al. The effects of mixing on behavior and circadian parameters of salivary cortisol in pigs. **Physiol. Behav.**, v.62, p.181-184, 1997.
- EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **Journal of Appliance and Poultry Research**, v.6, p.462–470, 1997.
- ERICKSON, J. D., EIDEN, L. E. & HOFFMAN, B. J. Expression cloning of a reserpine-sensitive vesicular monoamine transporter. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 89, 10993-10997, 1992.
- FALLARINO, F.; GROHMANN, U.; VACCA, C.; BIANCHI, R.; ORABONA, C.; SPRECA, A.; FIORETTI, M.C.; PUC CETTI, P. T cell apoptosis by tryptophan catabolism. **Cell. Death Differ.** v.9, p.1069-1077, 2002.
- FERNSTROM, J.D. Stress and monoamine neurons in the brain. In: **Food Components to Enhance Performance. An Evaluation of Potential Performance – Enhancing Food Components for Operational Rations**. Washington D.C.: National Academy Press, p.161-175, 1994.
- FERNSTROM, J.D.; FALLER, D.V. Neutral amino acids in brain: changes in response to food ingestion. **Journal of Neurochemistry**, v. 30, p. 1531-1538, 1978.
- FERREIRA, A.S.; LOPES, T.H.C.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta na ração para porcas pluríparas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.761-767, 2006.

- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.548-556, 2005.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2911-2919, 2002.
- FORD, A.L. Protein vs amino acids where less is better? **Kempal Articles**. www.kempal.on.ca/ohfaf041.pdf, (acessado em 2003), p.1-3.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.49-56, 2008.
- FRUMENTO, G.; ROTONDO, R.; TONETTI, M.; DAMONTE, G.; BENATTI, U.; FERRARA, G.B. Tryptophan-derived catabolites are responsible for inhibition of T and natural killer cell proliferation induced by indoleamine 2,3-dioxygenase. **J. Exp. Med.**, v.196, p.459-468, 2002.
- FUJIGAKI, S.; SAITO, K.; SEKIKAWA, K.; TONE, S.; TAKIKAWA, O.; FUJI, H.; WADA, H.; NOMA, A.; SEISHIMA, M. Lipopolysaccharide induction of indoleamine 2,3-dioxygenase is mediated dominantly by an IFN- γ -independent mechanism. **Eur. J. Immunol.** v.31, p.2313-2318, 2001.
- FULLER, M. F. et al. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. **British Journal of Nutrition**, London, v. 62, n. 2, p. 255-267, 1989.
- GALTER, D. & UNSICKER, K. Brain-derived neurotrophic factor and trkB are essential for cAMP-mediated induction of the serotonergic neuronal phenotype. **J. Neurosci. Res.** 61, 295-301, 2000.
- GODA, K.; HAMANE, Y.; KISHIMOTO, R.; OGISHI, Y. Radical scavenging properties of tryptophan metabolites. Estimation of their radical reactivity. **Adv. Exp. Med. Biol.**, v.467, p.397-402, 1999.
- GÓMEZ, R.S.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Growth performance, diet apparent digestibility and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, v.80, p.644-653, 2002.
- GREEN, A.R.; ARONSON, J.K.; CURSON, G. & WOODS, H.F. Metabolism of an oral tryptophan load. I. Effects of dose and pretreatment with tryptophan. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 10, p. 603 - 610, 1980.
- GUZIK, A.C.; PETTITT, M.J.; BELTRANENA, E. et al. Threonine and tryptophan ratios fed to nursery pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 89, p.297-302, 2005.

- GUZIK, A.M. **Tryptophan requirements and the effects of supplemental tryptophan on growth performance, plasma metabolites, and meat quality in nursery, growing, and finishing pigs.**(Master Degree). Louisiana State University, 2002.
- HAESE, D., DONZELE, J.L., OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p.482-489, 1995.
- HANSEN, A.M.; DRIUSSI, C.; TURNER, V.; TAKIKAWA, O.; HUNT, N.H. Tissue distribution of indoleamine 2,3-dioxygenase in normal and malaria-infected tissue. **Redox Rep.**, v.5, p.112–115, 2000.
- HANSEN, J.A.; KNABE, D.A.; BURGOON, K.G. et al. Amino acid supplementation of low protein sorghum-soybean meal diets for 20 to 50 kilogram swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.442-451, 1993.
- HEINE, W.; RADKE, M.; WUTZKE, K.D. The significance of tryptophan in human nutrition. **Amino Acids**, v.9, p.191–205, 1995.
- HENRY, Y. Effects of dietary tryptophan deficiency in finishing pigs, according to age or weight at slaughter or live weight gain. **Livestock Production Science**, v.73, p.63-76, 1995.
- HENRY, Y., SÈVE, B., COLLEAUX, Y., GANIER, P., SALIGAUT, C., JE'GO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **J. Anim. Sci.** v.70, p.1873– 1887, 1992.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, triptófono and treonina. **Pig News and Information** (14-1) 35N-43N, 1993.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2700–2710, 1996.
- JANSMAN, A.; MELCHIOR, D.; LE FLOCH, N. **Tryptophan: a key nutrient in pig diets.** FEED-MIX, v. 15, n. 3, 2007. Disponível em: http://ajinomoto-eurolysine.com/fichiers/File/FeedMix15.3_tryptophan.pdf Acesso em: 15 de junho de 2014.
- JANSMAN, A.J.M.; KEMP, G.; VAN CAUWENBERGH, S. Effect of branched chain amino acids and tryptophan on performance in piglets. IN: 51st Annu. Meeting Eur. Assoc. Anim. Prod., The Hague, the Netherlands, 2002. **Proceedings...** 2002, p. 99.
- JATURASITHA S. **Meat Technology.** Chiang Mai: Thanabun Press, 2000, 244p.

- JOSEPH, M.H.; YOUNG, S.N.; CURZON, G. The metabolism of a tryptophan load in rat brain and liver: the influence of hydrocortisone and allopurinol. **Biochemical Pharmacology**, v. 25, p. 2599-2604, 1976.
- KENDALL, D.C.; GAINES, A.M.; KERR, B.J.; ALLEE, G.L. True ileal digestible tryptophan to lysine ratios in ninety- to one hundred twenty-five-kilogram barrows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3004 - 3012, 2007.
- KENDALL, D.C.; KERR, B.J.; BOYD, R.D. et al. Determination of the TID tryptophan:lysine ratio for 90 kg barrows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.139, 2003 (suppl. 1).
- KOOPMANS, S.J.; GUZIK, A.C., VAN DER MEULEN, J. et al. Effects of supplemental L-tryptophan on serotonin, cortisol, intestinal integrity, and behavior in weanling piglets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.963-971, 2006.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham-USA: University Press, 1994, 305p.
- LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, v.76, p.45-48, 2002.
- LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E.; SÈVE, B. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids**, Springer, 2010, 11p.
- LE FLOC'H, N.; SÈVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. **Livest. Sci.**, v.112, 23-32, 2007.
- LE FLOC'H, N.; MELCHIOR, D.; SÈVE, B. The importance of dietary tryptophan for preserving growth and controlling inflammatory response of weaned pigs submitted to immune stress. In: MADEC, F.; CLÉMENT, G. (Eds.), **Animal Production in Europe: the Way Forward in a Changing World, Proceedings of International Society for Animal Hygiene**, p.239-240, 2004.
- LI, Y.Z.; KERR, B.J.; KIDD, M.T.; GONYOU, H.W. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.212-220, 2006.
- LIEBERMAN, H.R. Tyrosine and stress: human and animal studies. In: **Food Components to Enhance Performance. An Evaluation of Potential Performance – Enhancing Food Components for Operational Rations**. Washington D.C.: National Academy Press, p.277-299, 1994.
- LIMA, G.J.M.M.; KLEIN, C.H.; HACKENHAAR, L. Determinação da Relação Triptofano:lisina em Dietas para Suínos em Terminação (70 a 95 kg). Concórdia: EMBRAPA, **Comunicado Técnico 335**, p.1-4, Dez.2003.
- LYDIC, R., AND H. A. BAGHDOYAN. **Handbook of Behavioral State Control**. CRC Press, Boca Raton, FL, 1999.

- MACKENZIE, C.R.; HADDING, U. Interferon-gamma-induced activation of indoleamine 2,3-dioxygenase in cord blood monocytederived macrophages inhibits the growth of group B streptococci. **J. Infect. Dis.**, v.178, p.875–878, 1998.
- MAZER, C., MUNEYYIRCI, J., TAHENY, K., RAIIO, N., BORELLA, A. & WHITAKER-AZMITIA, P. Serotonin depletion during synaptogenesis leads to decreased synaptic density and learning deficits in the adult rat: a possible model of neurodevelopmental disorders with cognitive deficits. **Brain Res.** 760, 68-73, 1997.
- MCNAMARA, R. K. & SKELTON, R. W. The neuropharmacological and neurochemical basis of place learning in the Morris water maze. **Brain Res. Rev.** 18, 33-49, 1993.
- MEGUID, M. M., FETISSOV, S. O., VARMA, M., SATO, T., ZHANG, L., LAVIANO, A. & ROSSIFANELLI, F. Hypothalamic dopamine and serotonin in the regulation of food intake. **Nutr. Rev.** 16, 843-857, 2000.
- MELCHIOR, D.; MÉZIÈRE, N.; SÈVE, B. et al. Is tryptophan catabolism increased under indoleamine 2,3 dioxygenase activity during chronic lung inflammation in pigs? **Reproduction, Nutrition, Development.** v. 45, n.2, p. 175–183, 2005.
- MELLOR, A.L.; KESKIN, D.B.; JOHNSON, T.; CHANDLER, P.; MUNN, D.H. Cells expressing indoleamine 2,3-dioxygenase inhibit T cell responses. **J. Immunol.**, v.168, p.3771–3776, 2002.
- MELLOR, A.L.; MUNN, D.H. Tryptophan catabolism prevents maternal T cells from lethal anti-fetal immune responses. **J. Reprod. Immunol.**, v.52, p.5–13, 2001.
- MITCHELL, H.H. **Comparative nutrition of man and domestic animals.** New York: Academic Press, 1964, 118p.
- MOFFETT, J.R.; NAMBOODIRI, A. Tryptophan and the immune response. **Immunol. Cell Biol.**, v.81, p.247–265, 2003.
- MOORE, P., LANDOLT, H. P., SEIFRITZ, E., CLARK, C., BHATTI, T., KELSOE, J., RAPAPORT, M. & GILLIN, J. C. Clinical and physiological consequences of rapid tryptophan depletion. **Neuropsych. Rev.** 23, 601-622, 2000.
- MOUGHAN, P.J. Modeling amino acid absorption and metabolism in the growing pig. In: D’MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition.** Wallingford: CAB International, 1994, p.133-154.
- MOURA, A.M.A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.31-34, julho/agosto de 2004.
- MUNN, D.H.; SHAFIZADEH, E.; ATTWOOD, J.T.; BONDAREV, I.; PASHINE, A.; MELLOR, A.L. Inhibition of T cell proliferation by macrophage tryptophan catabolism. **J. Exp. Med.**, v.189, p.1363–1372, 1999.
- MUNRO, H.N. Free amino pools and their role in regulation. In: Munro, H.N. (Ed.) **Mammalian Protein Metabolism.** v. 4. New York, Academic Press, 1970, p. 299-386.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 10 ed. Washington DC: National Academic Press, 1998. 189p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 11 ed. Washington DC: National Academic Press, 2012. 400p.
- NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. São Paulo: SARVIER, 5Ed., 2011, 1274p.
- NONES, K., LIMA, G.J.M.M., BELLAVAR, C. et al. Formulação das dietas, desempenho e qualidade da carcaça, produção e composição de dejetos de suínos. **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)**, v.59, p.635-644, 2002.
- O’CONNOR, P. M. J. et al. Stimulation of protein synthesis by amino acids and insulin varies with muscle fibre type and age. **Pediatric Research**, New York, n. 47, p.1730, 2000. (Suppl. S).
- OHASHI, S., TOGASHI, H., MATSUMOTO, M., MORI, K., UENO, K. & YOSHIOKA, M. Changes in synaptic properties in cortical-limbic communications induced by repeated treatments with fluvoxamine in rats. **J. Pharmacol. Sci.** 92, 100-107, 2003.
- OLDENDORF, W.H.; SZABO, J. Amino acids assignment to one of three blood-brain Barrier amino acid carriers. **American Journal of Physiology**, v. 230, p. 94-98, 1976.
- OLIVEIRA, G.C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1747-1757 (Supl.1), 2004.
- PARSONS, C. M., BAKER, D. H., 1994. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994, p.120-128.
- PATIENCE, J.F.A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v.68, p.398-408, 1990.
- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; SILVA, F.C.O.; MARTINS, M.S. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.11, p.1984-1989, 2008.
- PETHICK, D.W.; WARNER, R.D.; D’SOUZA, D.N.; DUNSHEA, F.D. Nutritional manipulation of meat quality. Pages 100–115, 1997. In: **Manipulating Pig Production VI**. P. D. Cranwell, ed. Australasian Pig Sci. Assoc., Roseworthy, SA, Australia, 1997.
- PFEFFERKORN, E.R. Interferon gamma blocks the growth of *Toxoplasma gondii* in human fibroblasts by inducing the host cells to degrade tryptophan. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v.81, p.908–912, 1984.

- RADEMACHER, M. **Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento - terminação: Conceitos básicos e novas idéias.** In: ENCONTRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL,4., São Paulo, 1997. São Paulo: Degussa Feed Additives, 1997. p.1-11.
- RAYMOND, J. R., MUKHIN, Y. V., GELASCO, A., TURNER, J., COLLINSWORTH, G., GETTYS, T. W., GREWAL, J. S. & GARNOVSKAYA, M. N. Multiplicity of mechanisms of serotonin receptor signal transduction. **Pharmacol. Ther.**92, 179-212, 2001.
- RIBEIRO, A.M.L., PEDROZZO, S.A., KESSLER, A.M. Relações treonina:lisina no desempenho e metabolismo de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.205-210, 2006.
- RIBELAYGA, C.; PE´VET, P.; SIMONNEAUX, V. HIOMT drives the photoperiodic changes in the amplitude of the melatonin peak of the Siberian hamster.**Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, v.278, p.1339–1345, 2000.
- 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, MG: UFV, 2011.252p.
- ROTONDO, S., EVANGELISTA, V., MANARINI, S., DE GAETANO, G. & CERLETTI, C. Different requirement of intracellular calcium and protein kinase C for arachidonic acid release and serotonin secretion in cathepsin G-activated platelets. **Thromb.Haemost.Rev.**78, 919-925, 1997.
- ROUCH, C., NICOLAIDIS, S. & OROSCO, M. Determination, using microdialysis, of hypothalamic serotonin variations in response to different macronutrients.**Physiol. Behav.**65, 653-657, 1999.
- ROUVINEN, K.; ARCHBOLD, S.; LAFFIN, S.; HARRI, M. Long-term effects of tryptophan on behavioural response and growing-furring performance in silver fox (*Vulpes vulpes*).**Appl. Anim. Behav. Sci.**, v.63,p.65-77, 1999.
- SAITO, K.; MARKEY, S.P.; HEYES, M.P. Effects of immune activation on quinolinic acid and neuroactive kynurenines in the mouse.**Neuroscience**, v.51, p.25–39, 1992.
- SHRIVER, J. A. et al. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 492–502, 2003.
- SILVA, M.A., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais em metionina + cistina e de proteína bruta, para frangos de corte, em função do nível de proteína bruta da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.357-363, 1998.
- SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e conseqüências técnicas, econômicas e ambientais. In: I Simpósio Internacional de Nutrição Animal: Proteína ideal, energia líquida e modelagem. Santa Maria, 2007. **Anais...**Santa Maria, 2007.
- TAKIKAWA, O.; KUROIWA, T.; YAMAZAKI, F.; KIDO, R. Mechanism of Interferon-gamma action.**J. Biol. Chem.**, v.263, p.2041–2048, 1998.

- TAKIKAWA, O.; YOSHIDA, R.; KIDO, R.; HAYAISHI, O. Tryptophan degradation in mice initiated by indoleamine 2,3-dioxygenase. **J. Biol. Chem.**, v.261, p.3648–3653, 1986.
- THOMAS, S.R.; STOCKER, R. Redox reactions related to indoleamines 2,3-dioxygenase and tryptophan metabolism along the kynurenine pathway. **Redox Rep.**, v.4, p.199–220, 1999.
- TUITOEK K., YOUNG L.G., DE LANGE C.F.M. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1575-1583, 1997.
- UPTON, A. L., SALICHON, N., LEBRAND, C., RAVARY, A., BLAKELY, R., SEIF, I. & GASPAR, P. Excess of serotonin (5-HT) alters the segregation of ipsilateral and contralateral retinal projections in monoamine oxidase A knock-out mice: possible role of 5-HT uptake in retinal ganglion cells during development. **J. Neurosci.**, 19, 7007-7024, 1999.
- VAN HEUGTEN, C.; VAN KEMPEN, T. Methods may exist to reduce nutrient excretion. **Feedstuffs**, v.71, p.12-19, 1999.
- VANECEK, J. Cellular mechanisms of melatonin action. **Physiol. Rev.**, v.78, p.687–721, 1998.
- WANG, T. C., FULLER, M.F. The optimal dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **Brazilian Journal of Nutrition**, v.52, p.77-89, 1989.
- WHITAKER-AZMITIA, P. M. Serotonin and brain development: role in human developmental diseases. **Brain. Res. Bull.**56, 479-485, 2001.
- YAMAZAKI, F.; KUROIWA, T.; TAKIKAWA, O.; KIDO, R. Human indolylamine 2,3-dioxygenase. Its tissue distribution and characterization of the placental enzyme. **Biochem.J.**, v.230, p.635–638, 1985.
- YOSHIDA, R.; YOSHIHIRO, U.; NAKATA, K.; WATANABE, Y.; HATAISHI, O. Specific induction of indoleamine 2,3-dioxygenase by bacterial lipopolysaccharide in the mouse lung. **Arch. Biochem. Biophys.**, v.212, p.629–637, 1981.
- YOUNG, S.N.; ORAVEC, M. – The effect of growth hormone on the metabolism of tryptophan load in liver and brain of hypophysectomized rats. **Can.Jour.Bioch.**, v.57, p.517-522, 1979.
- ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.849-856, 2006.
- ZAVIEZO, D. Proteína ideal – novo conceito nutricional na formulação de rações para aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v.10, p.16-20, 1998.

II – OBJETIVOS GERAIS

Determinar as exigências de triptofano digestível e avaliar a suplementação de piridoxina para suínos, machos castrados e fêmeas, nas fases de crescimento (50-70kg) e terminação (70-100kg), com base no desempenho, parâmetros sanguíneos, comportamento, características quantitativas de carcaça e qualidade de carne.

III – Triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para suínos, machos castrados, na fase de crescimento (50-70kg)¹

RESUMO –O objetivo do presente trabalho foi avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento de suínos machos castrados, na fase de crescimento. Foram utilizados 64 suínos mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $50,08 \pm 1,82$ kg; distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,142; 0,169; 0,196 e 0,223%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. Houve efeito quadrático ($P=0,024$) dos níveis de triptofano digestível sobre a espessura de toucinho (ET), cuja regressão ($R^2=0,78$) apontou para o menor valor de ET (0,98cm) ao nível de 0,195% de triptofano digestível. Houve efeito quadrático ($P=0,024$) dos níveis de triptofano sobre os triglicerídeos plasmáticos, em que o maior valor (42,42 mg/dL) foi estimado ($R^2=0,77$) ao nível de 0,184% de triptofano digestível. A ureia plasmática foi influenciada positivamente ($P=0,019$), enquanto as proteínas totais sofreram efeito negativo ($P=0,002$) do nível suplementar de piridoxina. A avaliação comportamental em período diurno revelou efeito quadrático ($P<0,05$) dos diferentes níveis de triptofano sobre os comportamentos de dormir e permanecer imóvel, cujas derivadas das equações de regressão indicaram os níveis de 0,180% ($R^2=0,73$) e 0,178% ($R^2=0,98$) de triptofano, respectivamente. No período noturno, houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que a menor frequência desse comportamento foi obtida para o nível de 0,173% de triptofano digestível ($R^2=0,95$). O nível de 0,142% de triptofano atendeu às exigências de suínos machos castrados, dos 50 aos 70kg, com base no desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento, resultando numa exigência diária de 3,14 g de triptofano digestível. Além disso, a piridoxina suplementar não influenciou as exigências de triptofano.

Palavras-chave: nutrição aminoacídica de suínos, vitamina B6, comportamento

¹ Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Ciência e Agrotecnologia* (ISSN: 1413-7054).

III – Tryptophan and pyridoxine in low crude protein diets for barrows in the growing phase (50-70kg)

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate digestible tryptophan levels and pyridoxine on performance, carcass traits, blood parameters and behavior of barrows in the growing phase. Sixty four crossbred barrows with an average initial weight of 50.08 ± 1.82 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.142, 0.169, 0.196 and 0.223%), with eight replications and one animal per experimental unit. There was a quadratic effect ($P=0.024$) of digestible tryptophan levels on backfat thickness (BT) and the regression ($R^2=0.78$) pointed to the lower value of BT (0.98cm) at the level of 0.195% digestible tryptophan. There was a quadratic effect ($P=0.024$) of tryptophan levels of plasma triglycerides which higher value (42.42 mg/dL) was estimated ($R^2=0.77$) at the level of 0.184% digestible tryptophan. Plasma urea was positively influenced ($P=0.019$), while total protein levels were negatively influenced ($P=0.002$) by the additional level of pyridoxine. The behavioral evaluation in daytime revealed quadratic effect ($P < 0.05$) of the tryptophan level on the behaviors of sleep and keep stationary, which derived from regression equations indicated levels of 0.180% ($R^2=0.73$) and 0.178% ($R^2=0.98$) of tryptophan, respectively. At night, there was a quadratic effect ($P=0.001$) of tryptophan levels on eating behavior, and the lower frequency of this behavior was obtained for the level of 0.173% digestible tryptophan ($R^2=0.95$). The level of 0.142% tryptophan met the requirements of barrows, from 50 to 70 kg, based on performance, carcass characteristics, blood parameters and behaviour, resulting in a daily requirement of 3.14 g of digestible tryptophan. Moreover, the additional pyridoxine did not influence the tryptophan requirements.

Keywords: swine amino acid nutrition, B6 vitamin, behaviour

Introdução

O triptofano é um aminoácido aromático componente de inúmeras cadeias peptídicas, as quais perfazem elementos essenciais ao organismo. Assim como a lisina, é um aminoácido essencial para suínos, que deve ser fornecido na dieta, pois sua síntese não pode ser realizada.

Além da função de deposição proteica, o triptofano está envolvido na modulação da resposta imune, uma vez que sua via catabólica gera compostos como a quinurenina, o ácido xanturênico, ácido quinolínico, ácido picolínico e niacina (Le Floch et al., 2010). Além disso, esse aminoácido está envolvido em várias vias metabólicas, tais como na síntese de serotonina e melatonina, cujos efeitos são evidentes sobre o comportamento, humor, sono e regulação do consumo de alimento. O consumo reduzido de alimentos pode estar associado a baixos níveis de serotonina (Guzik et al., 2006).

A produção de serotonina é realizada pelos neurônios serotoninérgicos, por meio da oxidação do triptofano no cérebro, resultando na regulação da ingestão de alimento. Desta forma, o favorecimento da síntese de serotonina parece possível por meio do fornecimento de uma dieta com baixa proteína e altos níveis de triptofano (Le Floch & Sève, 2007).

Neste sentido, de um ponto de vista teórico, a máxima resposta no ganho de peso pode ser alcançada com um consumo de triptofano acima do necessário para uma máxima eficiência alimentar ou utilização de proteína, quando se assume uma relação não linear de dose-resposta (Susenbeth & Lucanus, 2005).

Entretanto, metabolicamente, para que o triptofano seja utilizado de forma eficiente para a geração de compostos importantes ao bom funcionamento do organismo, a piridoxina é empregada como cofator enzimático em diversos passos metabólicos, como na síntese de serotonina, melatonina, quinurenina, ácido quinurênico, ácido xanturênico, niacina e ácido quinolínico (Le Floch et al., 2010).

Ainda assim, existem poucos trabalhos publicados em que ambos os nutrientes (triptofano e piridoxina) foram avaliados simultaneamente, para suínos. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70kg.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W e altitude de 564m), no período de dezembro de 2013 a abril de 2014. Todos os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido aprovados para execução (Parecer nº 036/2013).

Foram utilizados 64 suínos mestiços (Topigs 20 x Tybor), machos castrados, com peso médio inicial de $50,08 \pm 1,82$ kg. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dividido em duas alas, sendo cada uma composta por 20 baias (3,80 m² cada), separadas por um corredor central. Cada baía possuía bebedouros tipo chupeta e comedouro semiautomático, proporcionando livre acesso à ração e à água, fornecidas à vontade, durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos, com base no peso inicial, em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,142; 0,169; 0,196 e 0,223%), com oito repetições e um animal por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aditivos (Tabela 1), para atenderem às exigências recomendadas por Rostagno et al. (2011), para suínos machos castrados, de alto potencial genético e desempenho superior na fase de crescimento (50-70 kg), exceto para o nível de proteína bruta que foi reduzido de 17,07 para 15,19%; e de triptofano digestível, que variou de 0,142 a 0,223%.

Para atender os níveis de 0,169; 0,196 e 0,223% de triptofano digestível, o L-triptofano foi adicionado na ração basal às custas do ácido glutâmico, que foi utilizado nas rações para que estas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio. Para atender ao nível de 1 mg/kg de piridoxina, foi utilizado premix vitamínico, conforme a recomendação do fabricante e, para o nível de 5 mg/kg, foi adicionada a vitamina B6 sintética (Piridoxina 99%), às custas do inerte.

O bicarbonato de sódio foi utilizado nas rações para garantir que as mesmas possuíssem os mesmos balanços eletrolíticos das dietas (BED), que foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos utilizados, conforme proposto por Mongin (1981).

Tabela 1 -Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg.

Ingredientes (%)	Níveis de triptofano digestível (%)			
	0,142	0,169	0,196	0,223
Milho	78,24	78,24	78,24	78,24
Farelo de soja	18,32	18,32	18,32	18,32
Calcário	0,64	0,64	0,64	0,64
Fosfato bicálcico	0,97	0,97	0,97	0,97
Sal comum	0,06	0,06	0,06	0,06
Bicarbonato desódio	0,47	0,47	0,47	0,47
L-lisina HCl	0,352	0,352	0,352	0,352
DL-metionina	0,088	0,088	0,088	0,088
L-treonina	0,117	0,117	0,117	0,117
L-triptofano	-	0,027	0,055	0,082
L-valina	0,005	0,005	0,005	0,005
Ácido glutâmico	0,200	0,158	0,117	0,076
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010
Promotor de crescimento ³	0,020	0,020	0,020	0,020
Vitaminas ⁵	0,250	0,250	0,250	0,250
Minerais ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050
Inerte ¹	0,200	0,215	0,229	0,243
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%)	15,19	15,19	15,19	15,19
Cálcio (%)	0,552	0,552	0,552	0,552
Fósforo disponível (%)	0,269	0,269	0,269	0,269
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170
Potássio (%)	0,615	0,615	0,615	0,615
Cloro (%)	0,160	0,160	0,160	0,160
Lisina digestível (%)	0,891	0,891	0,891	0,891
Met+Cis digestível (%)	0,526	0,526	0,526	0,526
Treonina digestível (%)	0,579	0,579	0,579	0,579
Triptofano digestível (%)	0,142	0,169	0,196	0,223
Arginina digestível (%)	0,856	0,856	0,856	0,856
Valina digestível (%)	0,615	0,615	0,615	0,615
Leucina digestível (%)	1,219	1,219	1,219	1,219
Isoleucina digestível (%)	0,521	0,521	0,521	0,521
Fen + Tir digestível (%)	1,103	1,103	1,103	1,103
Relação Trp : ANCL ⁶ (%)	4,106	4,887	5,668	6,449
Relação Trp : Lis digestíveis (%)	15,937	18,967	21,998	25,028
BED (mEq/kg) ⁷	186,07	186,07	186,07	186,07

¹Areia fina lavada. ²BHT. ³Fosfato de tilosina. ⁴Conteúdo/kg: ferro - 15 g; cobre - 2.400 mg; cobalto - 27 mg; manganês - 10,40 mg; zinco - 20 g; iodo - 165 mg; selênio - 60 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁵Conteúdo/kg: vit. A - 10.000.000 U.I.; vit D₃ - 1.500.000 U.I.; vit. E - 30.000 U.I.; vit B₁ - 392 mg; vit B₂ - 853 mg; vit. B₆ - 396 mg; vit B₁₂ - 5.333 mcg; ácido nicotínico - 6.533 mg; ácido pantotênico - 3.166 mg; vit. K₃ - 485 mg; ácido fólico - 106 mg; biotina - 26 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁶Aminoácidos neutros de cadeia longa (valina, leucina, isoleucina e fen+tir). ⁷Balanço eletrolítico da dieta.

Os animais foram pesados no início e ao final do experimento, para determinação do ganho de peso diário (GPD). As rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas aos animais e as sobras pesadas para determinação do consumo diário de ração (CDR) e a conversão alimentar (CA).

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas com auxílio de um Data Logger (Hobbo U10[®]), instalado no centro do galpão experimental, a 1,5m do solo, onde eram coletados os dados climáticos a cada 30 minutos, durante todo o período experimental.

Foram realizadas avaliações de comportamento animal, de forma direta, com determinação instantânea por meio de registro com auxílio de câmeras de vídeo, utilizando um intervalo amostral de 10 minutos, conforme metodologia descrita por Martin e Bateson (1986), durante 24 horas, em três dias diferentes com intervalo de aproximadamente 7 dias, no decorrer da fase de criação dos suínos (50 aos 70 kg) que totalizou 432 observações por animal (27.648 observações totais). Durante o período noturno, as filmagens foram feitas com as lâmpadas de luz ambiente ligadas.

Os parâmetros comportamentais dos suínos foram agrupados em: Dormindo (deitado em repouso evidente); Comendo (em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro); Bebendo (em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta); Interagindo (caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baia vizinha); Imóvel (em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando), conforme metodologia adaptada de Paiano et al. (2007).

Quando os animais apresentaram aproximadamente 70 kg, foram realizadas as avaliações da espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), utilizando um conjunto de equipamentos constituídos de uma ecocâmera (Aloka[®] SSD-500 Vet) acoplada a uma probe de 14,5 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região P2, entre a última e a penúltima costela torácica, a 6 cm da linha média, sendo a região previamente depilada no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, conforme descrito por Dutra Júnior et al. (2001), tomando-se duas imagens da região.

Ao término do experimento, os animais também foram submetidos a um jejum de 6 horas, para a coleta de sangue. As amostras de sangue foram colhidas através da veia jugular (Cai et al., 1994) e transferidas para tubos contendo EDTA (análises de ureia, proteínas totais, creatinina e triglicérides) ou fluoreto (análise de glicose), sendo posteriormente centrifugadas

(3.000 rpm), por 15 minutos, para separação do soro e do plasma (Moreno et al., 1997). Em seguida, 3 mL de plasma foram transferidos para tubos tipo “eppendorfs” devidamente identificados e armazenados em congelador (-18°C), para análises posteriores.

As análises de glicose, ureia, proteínas totais, creatinina e triglicérides foram realizadas pelo método colorimétrico, por meio de kits comerciais, seguindo os procedimentos operacionais padrões (POP) descritos nos mesmos. Adicionalmente, foram utilizados tubos contendo EDTA para a colheita de sangue, que foi utilizado para determinar a porcentagem de hematócritos, utilizando microcapilares submetidos à centrifugação do sangue (10.000 rpm, por cinco minutos).

Os dados referentes ao desempenho, ET, PL e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise de variância. As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem e transformadas para $\log(x+1)$. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de piridoxina. Os graus de liberdade referentes aos níveis de triptofano digestível foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão. Para as variáveis de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável. Os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se PROC GLM do programa computacional SAS (2001). Quando houve interação entre os níveis de triptofano digestível e piridoxina, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $18,3 \pm 3,83^\circ\text{C}$ e $29,3 \pm 4,12^\circ\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média do ar no período experimental foi de $72,54 \pm 12,91\%$. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 984 mm.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível (Tabela 2) sobre o peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA) e profundidade de músculo *longissimus dorsi* (PL), evidenciando que o menor nível de triptofano digestível (0,142%) foi suficiente para atender às exigências com base nessas variáveis. Também não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível avaliados.

Tabela 2 - Desempenho e características de carcaça de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P			
	0,142 0,169 0,196 0,223				Média	0,142 0,169 0,196 0,223				Média		PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵
	1 mg piridoxina /kg de ração					5 mg piridoxina /kg de ração									
PI, kg	49,96	50,44	49,70	50,41	50,13	50,67	49,61	50,34	49,53	50,04	0,263	NS ⁶	NS	NS	NS
PF, kg	70,89	76,18	67,92	71,59	71,64	73,60	72,46	72,43	73,98	73,11	0,792	NS	NS	NS	NS
GPD, kg	0,85	1,00	0,74	0,90	0,87	0,97	0,91	0,98	1,03	0,97	0,030	NS	NS	NS	NS
CDR, kg	2,21	2,42	2,18	2,36	2,29	2,31	2,32	2,58	2,56	2,44	0,048	NS	NS	NS	NS
CA	2,66	2,49	3,00	2,71	2,72	2,43	2,62	2,72	2,52	2,57	0,064	NS	NS	NS	NS
PL, cm	4,07	4,23	3,84	4,12	4,06	4,16	3,82	4,21	4,02	4,05	0,052	NS	NS	NS	NS
ET, cm ⁷	1,27	1,26	0,92	1,09	1,14	1,25	1,20	1,14	1,20	1,20	0,037	NS	NS	NS	0,024

¹- PI= Peso inicial; PF= Peso final; GPD = Ganho de peso diário; CDR = Consumo diário de ração; CA = Conversão alimentar; PL = Profundidade do músculo *longissimus dorsi*, mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500); ET = Espessura de toucinho mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500). ² Efeito da piridoxina. ³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear do triptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ $Y = 4,22438 - 32,5211X + 82,9904X^2$ ($R^2=0,78$).

Existem poucos trabalhos científicos recentes em que foram estimadas as exigências de triptofano digestível para suínos na fase de crescimento. Lin et al. (1986) determinaram um nível ótimo de triptofano total para suínos, machos inteiros, dos 25 aos 40kg, de 0,130% pela técnica da oxidação de um aminoácido indicador (fenilalanina). Posteriormente, Burgoon et al. (1996) avaliaram níveis 0,063 a 0,163% de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 50 aos 100kg e concluíram que os melhores resultados para desempenho foram obtidos ao nível de 0,090% de triptofano digestível.

Mais recentemente, Haese et al. (2006) não verificaram efeito significativo dos níveis de triptofano digestível (0,128 a 0,160%) sobre o GPD de suínos, machos castrados, dos 60 aos 95 kg. Segundo esses autores, o nível de 0,128% triptofano digestível, que correspondeu à relação de 16,0% com a lisina digestível, foi suficiente para atender às exigências para máximo crescimento dos animais.

Ainda assim, Xie et al. (2014) avaliaram níveis de triptofano digestível de 0,080 a 0,160% para suínos machos castrados, dos 67 aos 96 kg, e concluíram que a exigência dos animais foi de 0,124% de triptofano digestível, com base no GPD e CA, o que resultou numa relação triptofano:lisina digestível de 20,3%.

Ao avaliarem níveis de triptofano (0,190 a 0,250%) e piridoxina (2,1 a 3,5 mg/kg) para suínos recém desmamados, de 2 a 9 semanas de idade, Matte et al. (2011) não observaram efeito dos tratamentos sobre o CDR, GPD e CA, concluindo que a exigência de triptofano não se alterou em função dos níveis de piridoxina avaliados.

De modo geral, o consumo voluntário de ração poderia ser, teoricamente, influenciado pelos níveis de triptofano digestível das dietas devido às diferentes relações entre o triptofano e os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) obtidas nas rações experimentais (Tabela 1). Isso se deve ao fato dos ANCL (valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina) competirem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto no plano intestinal como no cerebral (Henry et al., 1992).

A relação triptofano:ANCL no plasma influencia a síntese de serotonina no hipotálamo e essa competição com os ANCL pelo sítio de absorção na barreira hematoencefálica pode ser intensificada pelo aumento dos níveis destes aminoácidos na ração (rações com altas quantidades de proteína bruta ou deficiência de triptofano), levando a uma saturação dos transportadores e reduzindo a quantidade de triptofano que atravessa a barreira hematoencefálica. Como consequência, menor quantidade de serotonina será produzida no

cérebro e, pelo fato de ser neurotransmissor apresentar efeitos comprovados sobre o apetite, haverá redução no consumo voluntário de alimento (Henry & Sève, 1993).

Ao avaliarem diferentes relações triptofano:ANCL para suínos, machos castrados na fase de terminação, Henry & Sève (1993) concluíram que o nível de triptofano na ração deve representar, pelo menos, 4% da soma dos ANCL, para evitar uma possível redução do consumo de ração voluntário pelos animais. Posteriormente, Henry et al. (1996) confirmaram que o efeito depressor do triptofano sobre a ingestão voluntária de alimentos em suínos estaria relacionado à menor concentração de serotonina em várias regiões do cérebro e que este efeito foi mais expressivo em fêmeas do que em suínos machos castrados. Considerando os relatos destes autores, pode-se inferir que o menor nível de triptofano digestível avaliado neste estudo (0,142%), cuja relação triptofano:ANCL correspondeu a 4,106; não foi suficiente para prejudicar o consumo voluntário de ração. De modo semelhante, Haese et al. (2006) avaliaram relações triptofano:ANCL ainda menores (3,087 a 3,859%) que as do presente estudo, para suínos machos castrados, dos 60 aos 95 kg, e também não observaram efeito ($P > 0,05$) sobre o consumo de ração ou qualquer outra variável de desempenho.

Nesse sentido, Shen et al. (2012) reiteraram que rações com redução de proteína bruta combinadas com o fornecimento de triptofano sintético podem gerar, em tese, um efeito redutor dos ANCL da dieta e, portanto, maiores relações triptofano:ANCL, favorecendo a síntese de serotonina cerebral e resultando em efeitos positivos sobre o consumo alimentar. No presente trabalho, o teor de proteína bruta das rações foi reduzido de 17,07% (Rostagno et al., 2011) para 15,19%; o que combinado com a variação nos níveis de triptofano digestível (0,140 a 0,223%) gerou relações triptofano:ANCL variando de 4,106 a 6,449. Ainda assim, não foi verificada qualquer alteração no CDR e tampouco nas demais variáveis de desempenho.

A única variável influenciada pelos níveis de triptofano na dieta foi a espessura de toucinho (ET), que respondeu de forma quadrática ($P = 0,024$) e cuja regressão ($R^2 = 0,78$) apontou para o menor valor de ET (0,98cm) ao nível de 0,195% de triptofano digestível.

De forma similar, Guzik et al. (2006) observaram que para suínos machos castrados (75 aos 105 kg) houve efeito linear ($P = 0,10$) dos níveis de triptofano digestível (0,060 a 0,140%) sobre a ET, que variou de 1,78 a 2,24 cm. Os autores atribuíram esse efeito à característica específica do triptofano (glico ou cetogênico) que, quando em excesso, será deaminado no fígado e seu cetoácido correspondente será o Acetoacetil-CoA ou o Acetil-CoA, ambos compostos que podem gerar corpos cetônicos, envolvidos na síntese de gorduras.

Essa capacidade metabólica de síntese de gordura a partir do triptofano, quando esse aminoácido encontra-se desbalanceado na dieta, pode explicar os resultados obtidos para a ET no presente estudo, uma vez que as rações experimentais eram isocalóricas e que, ainda, não receberam óleo de soja em sua composição. Ainda assim, Haese et al. (2006) não verificaram alterações na PL e ET em função dos níveis de triptofano para suínos em crescimento/terminação.

As variáveis sanguíneas (Tabela 3), dentre as quais os níveis plasmáticos de glicose, creatinina, ureia, proteínas totais e hematócritos não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis crescentes de triptofano digestível.

Embora haja poucos trabalhos na literatura avaliando o efeito de níveis de triptofano digestível sobre parâmetros bioquímicos do sangue em suínos, Le Floch & Sève (2007) afirmaram que o triptofano está envolvido no controle periférico do apetite, por modular a secreção de insulina e do peptídeo inibidor gástrico (GIP), além de elevar a expressão gênica de grelina, cujo efeito sobre o consumo alimentar é positivo. Além disso, Guyton & Hall (2006) relataram que umas das teorias de regulação do consumo alimentar é a glicostática, segundo a qual a glicemia plasmática indica o estado alimentar do indivíduo. Desse modo, animais submetidos a níveis deficientes ou excessivos de triptofano, em teoria, poderiam apresentar diferentes taxas glicêmicas. No entanto, esse efeito não foi observado (Tabela 3), possivelmente devido ao fato do menor nível de triptofano digestível avaliado (0,142%) não representar um nível deficiente.

De modo similar, Bisinoto et al. (2006) avaliaram níveis de triptofano total variando de 0,260 a 0,350%; para suínos machos castrados, dos 6 aos 20 kg, e não obtiveram diferença ($P>0,05$) para os níveis plasmáticos de ureia, que oscilaram entre 13,27 e 15,99 mg/dL.

Tabela 3 - Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens	Níveis de triptofano digestível (%)								Média	Erro padrão	Valor de P				
	0,142	0,169	0,196	0,223	Média	0,142	0,169	0,196			0,223	PIR ¹	PIRxTRP ²	Lin ³	Quad ⁴
	1 mg piridoxina /kg de ração					5 mg piridoxina /kg de ração									
Glicose, mg/dL	73,33	93,50	78,50	82,67	82,00	72,83	82,42	80,75	74,92	77,73	1,999	NS ⁵	NS	NS	NS
Creatinina, mg/dL	1,41	1,39	1,41	1,41	1,40	1,43	1,59	1,30	1,40	1,43	0,031	NS	NS	NS	NS
Ureia, mg/dL ⁶	28,17	31,33	27,58	29,08	29,04 ^B	27,75	42,00	33,67	36,17	34,90 ^A	1,478	0,019	NS	NS	NS
Proteínas totais, g/dL ⁶	8,04	8,14	7,45	7,88	7,88 ^A	6,79	7,66	7,48	7,83	7,44 ^B	0,120	0,002	0,003	NS	NS
Triglicerídeos, mg/dL ⁷	32,25	45,86	34,21	44,18	39,13	31,17	42,42	43,12	28,36	36,26	2,220	NS	NS	NS	0,024
Hematócritos, %	35,33	34,83	35,00	32,75	34,48	36,33	34,75	36,50	35,50	35,77	0,572	NS	NS	NS	NS

¹ Efeito da piridoxina. ² Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ³ Efeito linear do triptofano digestível. ⁴ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁵ Não-significativo. ⁶ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ⁷ $Y = -144,232 + 2028,83X - 5513,16X^2$ ($R^2=0,77$).

Tabela 4 - Desdobramento da interação PIRxTRP para proteínas totais (g/dL) em suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Item	Níveis de piridoxina (mg/kg)	Níveis de triptofano digestível (%)				Média
		0,142	0,169	0,196	0,223	
Proteínas totais, g/dL	1,00	8,04 ^a	8,14 ^a	7,45 ^a	7,88 ^a	7,88
	5,00	6,79 ^b	7,66 ^b	7,48 ^a	7,83 ^a	7,44
Média		7,42	7,90	7,47	7,86	7,66

Letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao avaliarem a suplementação com triptofano (3g/L) e piridoxina (10mg/L) na água de beber, para suínos em fase de terminação por um período de 5 dias antes do abate, Faucitano et al. (2012) não observaram efeito ($P > 0,05$) sobre os níveis plasmáticos de glicose e proteínas totais, bem como sobre a percentagem de hematócritos.

No entanto, foi observado um efeito quadrático ($P = 0,024$) dos níveis de triptofano sobre os triglicerídeos plasmáticos (Tabela 3), em que o maior valor (42,42 mg/dL) foi estimado ($R^2 = 0,77$) ao nível de 0,184% de triptofano digestível. Nesse sentido, Guyton e Hall (2006) relataram que animais homeotérmicos que apresentam menor reserva energética no organismo (tecidos e vísceras) tendem a apresentar níveis circulantes mais elevados de substratos energéticos, como os lipídeos (triglicerídeos, ácidos graxos, glicerol, colesterol e lipoproteínas), uma vez que essas moléculas precisam estar prontamente disponíveis ao organismo para permitir que seja sanada qualquer condição de privação energética que possa ocorrer (jejum, frio, fadiga muscular, etc). Essa afirmação corrobora os resultados preliminarmente controversos obtidos no presente estudo para triglicerídeos plasmáticos e espessura de toucinho.

A ureia plasmática foi influenciada ($P = 0,019$) pela suplementação de piridoxina, cujo valor médio foi 34,90 mg/dL em comparação com os 29,04 mg/dL para os tratamentos que receberam o nível basal de piridoxina (Tabela 3). A variável proteínas totais também foi influenciada ($P = 0,002$) pela suplementação de piridoxina, em que os tratamentos que receberam a suplementação com piridoxina resultaram em 7,44g/dL, sendo inferior aos 7,88g/dL obtidos para os tratamentos que receberam o nível basal. Também houve interação ($P = 0,003$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa variável, em que o nível basal de piridoxina elevou o teor plasmático de proteínas totais até o nível de 0,169% de triptofano digestível (Tabela 4).

A ureia é o principal produto do catabolismo proteico, indicando que um aumento em sua concentração plasmática está relacionado a uma elevação no catabolismo de aminoácidos (Nelson & Cox, 2011). Assim, a suplementação com piridoxina proporcionou maior oxidação de aminoácidos. Esse evento metabólico pode ter ocorrido pelo fato da piridoxina, na forma fosforilada (piridoxial-fosfato), ser um importante cofator de enzimas gliconeogênicas, empregadas em reações anapleróticas responsáveis pela manutenção da glicemia (Combs Jr., 2008), condição estabelecida em virtude do jejum moderado (5 a 6h) ao qual os animais foram submetidos para a coleta de sangue.

Foi realizada a avaliação comportamental dos animais em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h), conforme apresentado na Tabela 5. No período diurno, houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos diferentes níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir, cuja derivada da equação de regressão indicou a menor frequência desse comportamento ao nível de 0,180% de triptofano ($R^2=0,73$). Do mesmo modo, a variável imóvel que remetia às condições de ausência de movimentos, fosse em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando, revelou efeito quadrático ($P=0,001$), em que a maior frequência desse comportamento foi observada para o nível de 0,178% de triptofano ($R^2=0,98$).

Ainda no período diurno (6h às 18h), os níveis crescentes de triptofano resultaram em elevação ($P=0,001$) no comportamento de interagir ($R^2=0,60$); que abrange atividades de caminhar, correr, pular, explorar as instalações, morder as grades divisórias e interagir com o animal da baía vizinha.

O comportamento de comer foi influenciado negativamente ($P=0,003$) pelo nível suplementar de piridoxina e houve interação ($P=0,009$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu a frequência do comportamento de comer até o nível de 0,169% de triptofano digestível (Tabela 6).

Para a avaliação comportamental realizada em período noturno (18h às 6h), houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que a menor frequência desse comportamento foi obtida para o nível de 0,173% de triptofano digestível ($R^2=0,95$).

Os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear crescente o comportamento de beber ($R^2=0,95$). A mesma resposta ($P=0,011$) foi observada para a variável imóvel ($R^2=0,62$). Além disso, houve efeito negativo da piridoxina suplementar (5 mg/kg) sobre os comportamentos de beber ($P=0,007$) e permanecer imóvel ($P=0,001$), em que a adição da piridoxina resultou na redução dos valores médios de ambas as variáveis ($R^2=0,95$ e $R^2=0,62$; respectivamente).

Tabela 5 - Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de suínos, machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P				
		0,142					Média	0,169					PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
		0,196	0,223	0,142	0,169	0,196		0,223	0,142	0,169	0,196						0,223
		1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração									
Diurno	Dormindo ⁷	1,58 (37,42)	1,50 (30,59)	1,52 (32,85)	1,57 (36,51)	1,54 (34,34)	1,60 (40,44)	1,50 (33,27)	1,59 (37,16)	1,61 (40,20)	1,57 (37,77)	0,013	NS ⁶	NS	NS	0,001	
	Comendo ⁸	1,31 (21,09)	1,25 (19,59)	1,36 (22,83)	1,24 (18,04)	1,29 ^A (20,39)	1,24 (18,00)	1,23 (16,82)	1,14 (13,16)	1,25 (16,18)	1,21 ^B (16,04)	0,016	0,003	0,009	NS	NS	
	Bebendo	1,16 (13,61)	0,78 (6,51)	0,89 (10,00)	1,00 (11,19)	0,96 (10,33)	0,87 (8,48)	0,94 (9,14)	0,96 (9,89)	1,04 (12,74)	0,95 (10,06)	0,029	NS	NS	NS	NS	
	Interagindo ⁹	0,90 (7,44)	1,04 (10,17)	0,92 (8,15)	1,09 (11,12)	0,99 (9,22)	0,95 (8,83)	1,02 (10,21)	1,00 (11,50)	1,14 (13,29)	1,03 (10,96)	0,017	NS	NS	0,001	NS	
	Imóvel ¹⁰	1,33 (20,44)	1,51 (33,14)	1,43 (26,16)	1,33 (23,15)	1,40 (25,72)	1,34 (24,24)	1,49 (30,56)	1,44 (28,29)	1,21 (17,59)	1,37 (25,17)	0,023	NS	NS	NS	0,001	
Noturno	Dormindo	1,95 (89,02)	1,95 (89,37)	1,96 (88,89)	1,94 (86,00)	1,95 (88,32)	1,97 (92,26)	1,97 (91,26)	1,95 (89,21)	1,94 (86,00)	1,96 (89,69)	0,002	NS	NS	NS	NS	
	Comendo ¹¹	0,51 (2,37)	0,15 (0,51)	0,22 (1,12)	0,53 (3,03)	0,35 (1,76)	0,19 (0,89)	0,19 (0,94)	0,41 (2,52)	0,53 (2,66)	0,33 (1,75)	0,034	NS	NS	NS	0,001	
	Bebendo ^{8, 12}	0,29 (1,70)	0,34 (1,45)	0,40 (1,88)	0,54 (2,65)	0,39 ^A (1,92)	0,15 (0,69)	0,19 (0,94)	0,42 (1,97)	0,36 (1,23)	0,28 ^B (1,21)	0,027	0,007	NS	0,001	NS	
	Interagindo	0,21 (0,92)	0,15 (0,64)	0,14 (0,47)	0,18 (0,68)	0,17 (0,68)	0,24 (1,34)	0,17 (0,68)	0,27 (1,11)	0,28 (1,36)	0,24 (1,12)	0,026	NS	NS	NS	NS	
	Imóvel ^{8, 13}	0,82 (5,99)	0,95 (8,03)	0,90 (7,65)	0,81 (7,63)	0,87 ^A (7,32)	0,59 (4,81)	0,75 (6,18)	0,74 (5,20)	0,90 (8,74)	0,75 ^B (6,23)	0,026	0,001	NS	0,011	NS	

¹- Dados transformados para log (X+1) e, entre parênteses, frequência em percentagem (%). Dormindo= deitado em repouso evidente; Comendo= em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro; Bebendo= em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta; Interagindo= caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baía vizinha; Imóvel= em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear do triptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶- Não-significativo. ⁷- Y= 2,8888 - 15,2398X + 42,3755X² (R²=0,73). ⁸- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ⁹- Y=0,67841 + 1,81024X (R²=0,60). ¹⁰- Y= -2,11856 + 40,4811X - 113,538X² (R²=0,98). ¹¹- Y= 4,3419 - 47,7364X + 137,712X² (R²=0,95). ¹²- Y= -0,22312 + 3,06853X (R²=0,95). ¹³- Y= 0,52039 + 1,57414X (R²=0,62).

Tabela 6 - Desdobramento da interação PIRxTRP para o comportamento de comer (log X+1), no período diurno (6h às 18h), de suínos machos castrados, dos 50 aos 70 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens	Níveis de piridoxina (mg/kg)	Níveis de triptofano digestível (%)				Média
			0,142	0,169	0,196	0,223	
Diurno	Comendo, %	1,00	1,31 ^a	1,25 ^a	1,36 ^a	1,24 ^a	1,29
		5,00	1,24 ^b	1,23 ^a	1,14 ^b	1,25 ^a	1,21
Média			1,28	1,24	1,25	1,24	1,25

Letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os suínos são animais que se adaptam facilmente ao ambiente, mas o estado nutricional pode afetar a forma como esses animais respondem aos estímulos do meio (Li et al., 2011). Até o momento, no entanto, existem poucos estudos relacionando exigências nutricionais com variáveis comportamentais em suínos, sobretudo com triptofano e piridoxina.

Sève et al.(1991) avaliaram metabólitos cerebrais e o comportamento de leitões após 5, 23 e 45 dias do desmame, os quais receberam 0,14; 0,23 e 0,32% de triptofano dietético e reportaram que não houve efeito sobre o comportamento (grunhidos, gritos, deambulação e exploração da baia). Ainda assim, houve comportamento linear crescente dos níveis cerebrais de triptofano e da relação triptofano: ANCL.

Ao avaliarem o comportamento de suínos machos castrados dos 70 aos 90 kg, submetidos a um nível basal de triptofano digestível (0,110%) e a dois níveis suplementares (0,230 e 0,430%) durante 7 dias ininterruptos em período diurno, Li et al. (2006) observaram que os animais que receberam níveis suplementares de triptofano passaram mais tempo deitados em ócio e menos tempo comendo que os animais que receberam o nível basal. Desse modo, os autores concluíram que o nível basal, de 0,110% de triptofano digestível, foi o mais adequado para as variáveis de comportamento.

Diversos efeitos metabólicos que o triptofano, em diferentes níveis, pode gerar no comportamento dos suínos se devem ao principal metabólito gerado por esse aminoácido: a serotonina, um neurotransmissor cujos efeitos benéficos sobre o humor, a resistência à dor, a quantidade e qualidade do sono e a sensação de bem estar são comprovados (Pastuszewska et al., 2007). Como a síntese de serotonina depende da concentração de triptofano presente no cérebro (relação triptofano:ANCL), é diretamente influenciada pelos níveis dietéticos e pelo período de fornecimento desse aminoácido por meio da alimentação.

De modo geral, o menor nível de triptofano digestível avaliado, de 0,142%; atendeu às exigências dos suínos machos castrados, dos 50 aos 70kg, assegurando uma relação triptofano:lisina digestível de 0,159. Essa exigência foi inferior à proposta por Rostagno et al. (2011), de 0,160%; para a mesma fase e sexo, cuja relação triptofano:lisina foi de 0,179. No entanto, o nível recomendado pelo NRC (2012), para suínos machos castrados, dos 50 aos 75kg, é de 0,140%, resultando numa relação triptofano:lisina de 0,173.

Ainda assim, a exigência diária de triptofano digestível foi de 3,14 g/dia, sendo inferior à exigência diária proposta por Rostagno et al. (2011), de 3,92 g/dia, para a mesma fase e sexo, mas superior à proposta pelo NRC (2012), de 3,10 g/dia, para suínos machos castrados dos 50 aos 75 kg. Além disso, a suplementação com piridoxina não apresentou resultados consistentes, que pudessem conduzir a uma conclusão acerca de sua necessidade para os animais.

Conclusões

A exigência de triptofano digestível para suínos machos castrados, dos 50 aos 70kg, é inferior a 0,142%, com base nas variáveis de desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento, resultando numa exigência diária de, no máximo, 3,14 g. A piridoxina suplementar não influenciou as exigências de triptofano.

Referências

- BISINOTO, K.S.; BERTO, D.A.; CALDARA, F.R.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S. Exigências de triptofano para leitões (6 kg a 11 kg) com base no conceito da proteína ideal. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.28, p.197-202, 2006.
- BURGOON, K.G.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J. Digestible tryptophan requirements of starting, growing, and finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.70, p.2493-2500, 1992.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- COMBS JR., G.F. **The Vitamins – Fundamental aspects in nutrition and health**. 3rd Edition, Elsevier Academic Press, 2008, 583 p.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. CABI Publishing, United Kingdom: Edinburgh, 2 Ed., 515p. 2003.

- DUTRA JR, W.M.; FERREIRA, A.S.; TAROUÇO, J.U. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1243-1250, 2001.
- FAUCITANO, L.; TORREY, S.; BERGERON, R.; DEL CASTILLO, J.R.E.; MATTE, J.J. Effects of water supplementation with tryptophan and vitamin B6 or feeding hydrogenated fat on reducing hunger-induced drinking pre-slaughter in pigs. **Can. J. Anim. Sci.**, v.92, p.319-326, 2012.
- GUZIK, A.C.; MATTHEWS, J.O.; KERR, B.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2251–2259, 2006.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HAESE, D., DONZELE, J.L., OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HENRY, Y., SÈVE, B., COLLEAUX, Y., GANIER, P., SALIGAUT, C., JE´GO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **J. Anim. Sci.** v.70, p.1873– 1887, 1992.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, triptófano and treonina. **Pig News and Information** (14-1) 35N-43N, 1993.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2700–2710, 1996.
- LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E.; SÈVE, B. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids**, Springer, 2010, 11p.
- LE FLOC'H, N.; SÈVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. **Livest. Sci.**, v.112, 23–32, 2007.
- LI, Y.Z.; KERR, B.J.; KIDD, M.T.; GONYOU, H.W. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.212-220, 2006.
- LI, Y.Z.; BAIDOO, S.K.; JOHNSTON, L.J.; ANDERSON, J.E. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1899-1907, 2011.
- LIN, F.D.; SMITH, T.K; BAYLEY, H.S. Tryptophan requirement of growing swine as determined by the oxidation of an indicator amino acid. **Journal of Animal Science**, v.62, p.660-664, 1986.

- MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. New York: Cambridge University Press, 1986.
- MATTE, J.J.; LE FLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.170, p.256-264, 2011.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MORENO, A.M.; SOBESTYANKY, J.; LOPEZ, A.C. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA (EMBRAPA-CNPQA. Documentos, 41), 1997, 30p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 11 ed. Washington DC: National Academic Press, 2012. 400p.
- NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. São Paulo: SARVIER, 5Ed., 2011, 1274p.
- PAIANO, D.; BARBOSA, O.R.; MOREIRA, I. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Science Animal Science**. v.29, p.345-351, 2007.
- PASTUSZEWSKA, B.; TOMASZEWSKA-ZAREMBA, D.; BURACZEWSKA, L. et al. Effects of supplementing pig diets with tryptophan and acidifier on protein digestion and deposition, and on brain serotonin concentration in young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.49-65, 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, MG: UFV, 2011. 252p.
- SEVE, B.; MEUNIER-SALAU'N, M.C.; MONNIER, M. et al. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on growth performance and plasma amino acids of young pigs. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3679-3688, 1991.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS User's Guide: Statistics**. Electronic version 8.1. Cary: 2001 (CD-ROM).
- SUSENBETH, A.; LUCANUS, U. The effect of tryptophan supplementation of diets of restricted and unrestricted-fed young pigs. **J. Anim. Phys. Anim. Nut.**, p.331-336, 2005.
- XIE, C.Y.; ZHANG, G.J.; ZHANG, F.R.; ZHANG, S.H.; ZENG, X.F.; THACKER, P.A.; QIAO, S.Y. Estimation of the optimal ratio of standardized ileal digestible tryptophan to lysine for finishing barrows fed low protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Czech J. Anim. Sci.**, v.59, p.26-34, 2014.

IV – Triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para fêmeas suínas na fase de crescimento (50-70kg)²

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos, e comportamento de fêmeas suínas, em fase de crescimento. Foram utilizadas 64 fêmeas suínas, mestiças, com peso médio inicial de $49,17 \pm 1,86$ kg; distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,150; 0,178; 0,206 e 0,234%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. A profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PL) sofreu efeito positivo ($P=0,020$) do nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg). Além disso, houve interação ($P=0,005$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa variável, em que a piridoxina suplementar proporcionou maior PL até o nível de 0,178% de triptofano digestível. A piridoxina suplementar também elevou ($P=0,038$) a creatinina plasmática. Os níveis de triptofano influenciaram de forma quadrática ($P=0,033$) a ureia plasmática, com estimativas ($R^2=0,64$) de menor valor para o nível de 0,181%. A análise de comportamento realizada no período diurno (6h às 18h) revelou efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre os comportamentos de dormir e permanecer imóvel, cujas derivadas das equações de regressão indicaram os níveis de 0,193% ($R^2=0,87$) e 0,188% ($R^2=0,89$) de triptofano digestível, respectivamente. Para a avaliação comportamental realizada em período noturno (18h às 6h), os níveis crescentes de triptofano influenciaram de forma linear decrescente ($P=0,001$) o comportamento de dormir ($R^2=0,91$), mas de forma linear crescente ($P=0,011$) a variável imóvel ($R^2=0,65$). Houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que o menor valor foi estimado ($R^2=0,96$) para o nível de 0,184% de triptofano. Também houve interação ($P=0,001$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o menor valor foi estimado ($R^2=0,77$) ao nível de 0,191% de triptofano nos tratamentos com o nível basal de piridoxina. Para os tratamentos com o nível suplementar de piridoxina, a menor frequência do comportamento de comer foi estimada ($R^2=0,55$) ao nível de 0,164% de triptofano digestível. Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 50 aos 70 kg, que é de no máximo 0,150%; cuja exigência diária é de 3,11 g.

Palavras-chave: aminoácido aromático, parâmetros sanguíneos, comportamento

² Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Ciência e Agrotecnologia* (ISSN: 1413-7054).

IV - Tryptophan and pyridoxine in low crude protein diets for gilts in the growing phase (50-70kg)

ABSTRACT - The present work aimed to evaluate digestible tryptophan levels and pyridoxine on performance, carcass traits, blood parameters and behavior of gilts in the growing phase. Sixty four crossbred gilts with an average initial weight of 49.17 ± 1.86 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.150, 0.178, 0.206 and 0.234%), with eight replications and one animal per experimental unit. The *longissimus dorsi* muscle depth (MD) had a positive effect ($P=0.020$) of the additional level of pyridoxine (5 mg/kg). In addition, there was an interaction ($P=0.005$) between the levels of tryptophan and pyridoxine for MD, wherein the additional pyridoxine provided to the higher MD at 0.178% digestible tryptophan. The supplemental pyridoxine also increased ($P=0.038$) plasma creatinine. Tryptophan levels influenced quadratically ($P=0.033$) plasma urea, with estimates ($R^2=0.64$) of lower value for the level of 0.181%. The daytime behavior evaluation (6 a.m. to 6 p.m.) revealed a quadratic effect ($P=0.001$) of tryptophan levels on behavior of sleep and keep stationary, which derives from regression equations indicated levels of 0.193% ($R^2=0.87$) and 0.188% ($R^2=0.89$) of digestible tryptophan, respectively. For behavioral evaluation performed at night (6 p.m. to 6 a.m.) increased levels of tryptophan linearly decreased ($P=0.001$) the sleep behavior ($R^2=0.91$), but linearly increased ($P=0.011$) the stationary behaviour ($R^2=0.65$). There was a quadratic effect ($P=0.001$) of tryptophan levels on eating behavior, in which the lowest value was estimated ($R^2=0.96$) at the level of 0.184% tryptophan. There was also interaction ($P=0.001$) between the levels of pyridoxine and tryptophan for that variable, in which the lowest value was estimated ($R^2=0.77$) at the level of 0.191% tryptophan in the treatments with the baseline level of pyridoxine. For treatments with the additional level of pyridoxine, the lowest frequency of eating behavior was estimated ($R^2=0.55$) at the level of 0.164% digestible tryptophan. The pyridoxine levels did not affect the digestible tryptophan requirement for gilts from 50 to 70 kg, which is a maximum of 0.150%; resulting in a daily requirement of 3.11 g.

Keywords: aromatic amino acid, blood parameters, behaviour

Introdução

O triptofano é o quarto aminoácido limitante em dietas práticas à base de milho e farelo de soja para suínos em crescimento, depois de lisina, metionina + cistina e treonina (Jansman et al., 2007). Além disso, o triptofano apresenta a mais complexa de todas as vias do catabolismo dos aminoácidos nos tecidos animais.

A alta concentração de proteína bruta na dieta resulta em excesso de aminoácidos neutros de cadeia longa (AANCL: valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina), que competem com o triptofano pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto a nível intestinal como cerebral. Como resultado, a relação entre AANCL e triptofano no plasma influencia a síntese de serotonina no hipotálamo, tendo como consequência menor quantidade de serotonina produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário de alimento (Henry et al., 1992).

A suplementação de aminoácidos às rações com baixos níveis de proteína para suínos, tem, entre outros, o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas, sem reduzir o desempenho produtivo dos animais. O melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais dos aminoácidos individuais permite uma nutrição mais precisa, oferecendo a possibilidade para o formulador de substituir parcialmente o requerimento do nível mínimo proteico por níveis mínimos de aminoácidos (De la Llata et al. 2002).

Como as fêmeas são mais sensíveis do que machos castrados à falta de triptofano (Henry et al., 1996), numa escassez advinda de um desequilíbrio com AANCL, por exemplo, cogita-se a possibilidade de haver uma potencialização do uso desse aminoácido aromático quando suplementado conjuntamente com a piridoxina (vitamina B6), uma vez que essa vitamina constitui um importante cofator enzimático nas principais vias metabólicas envolvendo o triptofano (Le Floch et al., 2010).

Dessa forma, tendo em vista a escassez de informações acerca de dietas com baixa proteína e altos níveis de triptofano, bem como de dietas com níveis de triptofano e piridoxina suplementar para fêmeas suínas na fase de crescimento, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, características de carcaça, parâmetros sanguíneos e comportamento de fêmeas suínas, dos 50 aos 70kg.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W e altitude de 564m), no período de dezembro de 2013 a abril de 2014. Todos os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido aprovados para execução (Parecer nº 036/2013).

Foram utilizadas 64 fêmeas suínas mestiças (Topigs 20 x Tybor), com peso médio inicial de 49,17 ± 1,86kg. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dividido em duas alas, sendo cada uma composta por 20 baias (3,80 m² cada), separadas por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo chupeta e comedouro semiautomático, proporcionando livre acesso à ração e à água, fornecidas à vontade, durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos, com base no peso inicial, em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,150; 0,178; 0,206 e 0,234%), com oito repetições e um animal por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aditivos (Tabela 2), para atenderem às exigências recomendadas por Rostagno et al. (2011), para suínos machos castrados de alto potencial genético e desempenho superior, na fase de crescimento (50-70 kg), exceto para o nível de proteína bruta que foi reduzido de 18,00 para 15,87%; e de triptofano digestível que variou de 0,150 a 0,234%.

Para atender os níveis de 0,178; 0,206 e 0,234% de triptofano digestível, o L-triptofano foi adicionado na ração basal às custas do ácido glutâmico, que foi utilizado nas rações para que estas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio. Para atender ao nível de 1 mg/kg de piridoxina, foi utilizado premix vitamínico, conforme a recomendação do fabricante e, para o nível de 5 mg/kg, foi adicionada a vitamina B6 sintética (Piridoxina 99%), às custas do inerte.

O bicarbonato de sódio foi utilizado nas rações para garantir que as mesmas possuíssem os mesmos balanços eletrolíticos das dietas (BED), que foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos utilizados, conforme proposto por Mongin (1981).

Tabela 7 -Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg.

Ingredientes (%)	Níveis de triptofano digestível (%)			
	0,150	0,178	0,206	0,234
Milho	76,49	76,49	76,49	76,49
Farelo de soja	19,87	19,87	19,87	19,87
Calcário	0,67	0,67	0,67	0,67
Fosfato bicálcico	1,11	1,11	1,11	1,11
Sal comum	0,06	0,06	0,06	0,06
Bicarbonato desódio	0,47	0,47	0,47	0,47
L-lisina HCl	0,361	0,361	0,361	0,361
DL-metionina	0,100	0,100	0,100	0,100
L-treonina	0,125	0,125	0,125	0,125
L-triptofano	-	0,028	0,057	0,085
L-valina	0,010	0,010	0,010	0,010
Ácido glutâmico	0,300	0,256	0,213	0,171
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010
Promotor de crescimento ³	0,020	0,020	0,020	0,020
Vitaminas ⁵	0,250	0,250	0,250	0,250
Minerais ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050
Inerte ¹	0,100	0,117	0,131	0,146
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%)	15,87	15,87	15,87	15,87
Cálcio (%)	0,601	0,601	0,601	0,601
Fósforo disponível (%)	0,297	0,297	0,297	0,297
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170
Potássio (%)	0,642	0,642	0,642	0,642
Cloro (%)	0,160	0,160	0,160	0,160
Lisina digestível (%)	0,935	0,935	0,935	0,935
Met+Cis digestível (%)	0,552	0,552	0,552	0,552
Treonina digestível (%)	0,608	0,608	0,608	0,608
Triptofano digestível (%)	0,150	0,178	0,206	0,234
Arginina digestível (%)	0,901	0,901	0,901	0,901
Valina digestível (%)	0,645	0,645	0,645	0,645
Leucina digestível (%)	1,255	1,255	1,255	1,255
Isoleucina digestível (%)	0,547	0,547	0,547	0,547
Fen + Tir digestível (%)	1,150	1,150	1,150	1,150
Relação Trp : ANCL ⁶ (%)	4,170	4,949	5,727	6,505
Relação Trp : Lis digestíveis (%)	16,043	19,037	22,032	25,027
BED (mEq/kg) ⁷	192,97	192,97	192,97	192,97

¹Areia fina lavada. ²BHT. ³Fosfato de tilosina. ⁴Conteúdo/kg: ferro - 15 g; cobre - 2.400 mg; cobalto - 27 mg; manganês - 10,40 mg; zinco - 20 g; iodo - 165 mg; selênio - 60 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁵Conteúdo/kg: vit. A - 10.000.000 U.I.; vit D₃ - 1.500.000 U.I.; vit. E - 30.000 U.I.; vit B₁ - 392 mg; vit B₂ - 853 mg; vit. B₆ - 396 mg; vit B₁₂ - 5.333 mcg; ácido nicotínico - 6.533 mg; ácido pantotênico - 3.166 mg; vit. K₃ - 485 mg; ácido fólico - 106 mg; biotina - 26 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁶Aminoácidos neutros de cadeia longa (valina, leucina, isoleucina e fen+tir). ⁷Balanço eletrolítico da dieta.

Os animais foram pesados no início e ao final do experimento, para determinação do ganho de peso diário (GPD). As rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas aos animais e as sobras pesadas para determinação do consumo diário de ração (CDR) e a conversão alimentar (CA).

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas com auxílio de um Data Logger (Hobbo U10[®]), instalado no centro do galpão experimental, a 1,5m do solo, onde eram coletados os dados climáticos a cada 30 minutos, durante todo o período experimental.

Foram realizadas avaliações de comportamento animal de forma direta, com determinação instantânea por meio de registro com auxílio de câmeras de vídeo, utilizando um intervalo amostral de 10 minutos, conforme metodologia descrita por Martin e Bateson (1986), durante 24 horas em três dias diferentes, com intervalo de aproximadamente 7 dias, no decorrer da fase de criação dos suínos (50 aos 70 kg), que totalizou 432 observações por animal (27.648 observações totais). Durante o período noturno, as filmagens foram feitas com as lâmpadas de luz ambiente ligadas.

Os parâmetros comportamentais dos suínos foram agrupados em: Dormindo (deitado em repouso evidente); Comendo (em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro); Bebendo (em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta); Interagindo (caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baia vizinha); Imóvel (em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando), conforme metodologia adaptada de Paiano et al. (2007).

Quando os animais apresentaram aproximadamente 70 kg, foram realizadas as avaliações da espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), utilizando um conjunto de equipamentos constituídos de uma ecocâmera (Aloka[®] SSD-500 Vet) acoplada a uma probe de 14,5 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região P2, entre a última e a penúltima costela torácica, a 6 cm da linha média, sendo a região previamente depilada no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, conforme descrito por Dutra Júnior et al. (2001), tomando-se duas imagens da região.

Ao término do experimento, os animais também foram submetidos a um jejum de 6 horas, para a coleta de sangue. As amostras de sangue foram colhidas através da veia jugular (Cai et al., 1994) e transferidas para tubos contendo EDTA (análises de ureia, proteínas totais, creatinina e triglicérides) ou fluoreto (análise de glicose), sendo posteriormente centrifugadas

(3.000 rpm), por 15 minutos, para separação do soro e do plasma (Moreno et al., 1997). Em seguida, 3 mL de plasma foram transferidos para tubos tipo “ependorfs” devidamente identificados e armazenados em congelador (-18°C), para análises posteriores.

As análises de glicose, ureia, proteínas totais, creatinina e triglicérides foram realizadas pelo método colorimétrico, por meio de kits comerciais, seguindo os procedimentos operacionais padrões (POP) descritos nos mesmos. Adicionalmente, foram utilizados tubos contendo EDTA para a colheita de sangue, que foi utilizado para determinar a porcentagem de hematócritos, utilizando microcapilares submetidos à centrifugação do sangue (10.000 rpm, por cinco minutos).

Os dados referentes ao desempenho, ET, PL e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise de variância. As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem e transformadas para $\log(x+1)$. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de piridoxina. Os graus de liberdade referentes aos níveis de triptofano digestível foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão. Para as variáveis de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável. Os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se PROC GLM do programa computacional SAS (2001). Quando houve interação entre os níveis de triptofano digestível e piridoxina, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $18,3 \pm 3,83^\circ\text{C}$ e $29,3 \pm 4,12^\circ\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média do ar no período experimental foi de $72,54 \pm 12,91\%$. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 984 mm.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre o peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA), profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PL) e espessura de toucinho (ET), conforme dados descritos na Tabela 8. Entretanto, a PL sofreu efeito positivo ($P=0,020$) do nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg), cujo valor médio foi de 4,22 cm, superior a 4,04 cm proporcionados pelos tratamentos que receberam o nível basal de piridoxina.

Tabela 8 - Desempenho e características de carcaça de fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P					
	1 mg piridoxina /kg de ração					Média	5 mg piridoxina /kg de ração					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	0,150	0,178	0,206	0,234	0,150		0,178	0,206	0,234								
PI, kg	48,06	49,32	50,23	48,75	49,09	49,79	48,87	49,48	48,89	49,26	0,263	NS ⁶	NS	NS	NS		
PF, kg	70,10	70,80	69,32	71,97	70,55	69,82	71,08	71,15	71,54	70,90	0,792	NS	NS	NS	NS		
GPD, kg	0,83	0,87	0,78	0,95	0,86	0,83	0,93	0,85	0,99	0,90	0,030	NS	NS	NS	NS		
CDR, kg	2,07	2,00	2,07	2,17	2,08	2,05	2,22	2,01	2,35	2,16	0,048	NS	NS	NS	NS		
CA	2,67	2,32	2,75	2,30	2,51	2,48	2,41	2,40	2,39	2,42	0,064	NS	NS	NS	NS		
PL, cm ⁷	3,99	3,89	4,18	4,11	4,04 ^B	4,23	4,50	4,13	4,01	4,22 ^A	0,052	0,020	0,005	NS	NS		
ET, cm	1,09	1,00	0,97	1,02	1,02	1,05	1,20	1,01	1,05	1,08	0,037	NS	NS	NS	NS		

¹ PI= Peso inicial; PF= Peso final; GPD = Ganho de peso diário; CDR = Consumo diário de ração; CA = Conversão alimentar; PL = Profundidade de lombo mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500); ET = Espessura de toucinho mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500). ² Efeito da piridoxina. ³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear do triptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F.

Tabela 9- Desdobramento da interação PIRxTRP para profundidade de músculo *longissimus dorsi* (cm) em fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Item	Níveis de piridoxina (mg/kg)	Níveis de triptofano digestível (%)				Média
		0,150	0,178	0,206	0,234	
Profundidade de músculo <i>longissimus dorsi</i> , cm	1,00	3,99 ^b	3,89 ^b	4,18 ^a	4,11 ^a	4,04
	5,00	4,23 ^a	4,50 ^a	4,13 ^a	4,01 ^a	4,22
Média		4,11	4,20	4,16	4,06	4,13

Letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disso, houve interação ($P=0,005$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa variável, em que a piridoxina suplementar (5 mg/kg) proporcionou maior PL até o nível de 0,178% de triptofano digestível (Tabela 9).

Existem poucos trabalhos recentes sobre exigências de triptofano para fêmeas suínas, na fase de crescimento. Em um estudo relativamente antigo, Hahn & Baker (1995) avaliaram níveis de 0,115 e 0,128% de triptofano digestível para fêmeas suínas, dos 56 aos 111kg, cujas relações triptofano:lisina digestível foram de 18 e 20%, respectivamente. Os autores não obtiveram efeito ($P>0,05$) dos níveis avaliados sobre o GPD (0,845 e 0,895 kg) e CDR (2,690 e 2,818 kg), mas observaram que o maior nível de triptofano digestível (0,128%) resultou em menor CA (3,14); em comparação ao menor nível (0,115%); que resultou numa CA de 3,18. Desse modo, os autores supracitados concluíram que, para fêmeas suínas, a relação triptofano:lisina digestível de 20% é mais adequada ao se considerar o desempenho dos animais.

No presente estudo, os níveis de triptofano digestível avaliados não influenciaram ($P>0,05$) o GPD, evidenciando que o nível de triptofano digestível de 0,150% foi suficiente para atender às exigências para ganho de peso. Ainda assim, ao avaliarem diferentes níveis de triptofano digestível para fêmeas suínas, de 35 a 105 kg, com base nas variáveis de desempenho, Lenis et al. (1990) encontraram um nível ótimo de 0,135%, obtendo a relação ideal triptofano:lisina de 19%. Nesse contexto, uma relação adequada triptofano:lisina é primordial para assegurar a renovação celular, repor as perdas gastrintestinais e não comprometer a conversão do triptofano em produtos especializados, como serotonina ou a niacina, de forma a garantir um padrão ideal de manutenção (Hahn & Baker, 1995).

Ao trabalhar com suínos, machos castrados, avaliando relações triptofano:lisina digestível variando de 18,0 a 24,0%; Fremaut & Deschrijver (1990) não observaram variação significativa no GPD dos animais. Do mesmo modo, Haese et al. (2006) também não verificaram resposta dos níveis de triptofano digestível (0,128 a 0,160%) sobre o GPD de suínos, machos castrados, na fase dos 60 aos 95 kg. Segundo esses autores, o nível de 0,128% triptofano digestível, correspondente à relação de 16,0% com a lisina digestível, foi suficiente para atender às exigências para máximo crescimento dos animais.

Ao avaliarem níveis de triptofano digestível variando de 0,080 a 0,160% para suínos, machos castrados, dos 67 aos 96 kg, cujas relações triptofano:lisina digestíveis oscilaram entre

13,1 e 26,2 %; Xie et al. (2014) concluíram, com base no GPD e CA, que a exigência dos animais foi de 0,124% de triptofano digestível, o que resultou numa relação triptofano:lisina digestível de 20,3%.

Existem diferenças consideráveis no desempenho de suínos de diferentes sexos. De modo geral, suínos machos castrados consomem mais ração e ganham peso mais rapidamente em relação às fêmeas. Entretanto, as fêmeas são mais eficientes em converter alimento para ganho de peso, depositando maior porcentagem de tecido muscular e menor tecido adiposo em relação aos machos castrados (Henry, 1995). E, justamente pelo fato das fêmeas terem uma maior taxa de deposição de tecido muscular, suas exigências aminoacídicas são superiores.

Além disso, as fêmeas são mais sensíveis que machos castrados ao desequilíbrio entre o triptofano e os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL), provavelmente devido à resposta diferenciada entre machos castrados e fêmeas na distribuição da serotonina no cérebro (Henry et al., 1996). Ao avaliarem diferentes relações triptofano:ANCL para suínos, machos castrados, em fase de terminação, Henry & Sève (1993) concluíram que o nível de triptofano na ração deve corresponder a, no mínimo, 4% da soma dos ANCL, para evitar uma possível redução do consumo de ração voluntário pelos animais. Os autores justificam que o triptofano e os ANCL, quais sejam a valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina competem pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto no plano intestinal como no cerebral, sobretudo na barreira hematoencefálica. Como consequência, menor quantidade de serotonina será produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário (Henry & Sève, 1993).

Ao conduzirem estudos com suínos, machos castrados e fêmeas, na fase de terminação, Henry et al. (1992) constataram que os diferentes níveis de triptofano afetavam mais o consumo de ração nas fêmeas que nos machos castrados, associando esse efeito à baixa relação entre o triptofano e os ANCL na ração. Segundo os autores, a menor relação triptofano:ANCL no plasma resultou em diminuição da disponibilidade de triptofano no cérebro, reduzindo a produção de serotonina, um neurotransmissor que estimula o consumo de alimento.

Posteriormente, Henry et al. (1996) confirmaram que o efeito depressor do triptofano sobre a ingestão voluntária de alimentos em suínos estaria relacionado à menor concentração de serotonina no cérebro e que este efeito foi mais expressivo em fêmeas suínas. Considerando os relatos destes autores, pode-se inferir que o menor nível de triptofano avaliado neste estudo (0,150%), cuja relação triptofano:ANCL correspondeu a 4,170; não foi suficiente para

influenciar negativamente a disponibilidade de triptofano plasmático, a ponto de comprometer o consumo voluntário de ração, uma vez que não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível ou das relações triptofano:ANCL sobre o CDR.

Ao avaliarem a interação entre níveis de triptofano (0,190 a 0,250%) e piridoxina (2,1 a 3,5 mg/kg) para suínos recém desmamados, de 2 a 9 semanas de idade, Matte et al. (2011) não observaram efeito dos tratamentos sobre o CDR, GPD e CA, concluindo que a exigência de triptofano não se alterou em função dos níveis de piridoxina.

Dentre as variáveis sanguíneas avaliadas (Tabela 10), houve efeito ($P=0,038$) da piridoxina sobre a creatinina plasmática, em que o nível suplementar da piridoxina resultou em um teor de 1,37 mg/dL, sendo superior ao obtido nos animais que não receberam piridoxina suplementar, correspondente a 1,29 mg/dL. Ainda assim, os níveis de creatinina plasmática não apresentaram variação ($P>0,05$) em função dos níveis de triptofano digestível avaliados. Gregory et al. (2004) relataram que a creatinina é um produto da degradação da fosfocreatina, que consiste numa substância nitrogenada não proteica, formada através do metabolismo muscular da creatina e do fósforo. Fatores individuais e relacionados à idade do animal podem exercer influência nos valores de creatinina plasmática, sendo encontrados valores entre 0,90 e 1,50 mg/dL em animais jovens, e de até 2,0 mg/dL em animais adultos. Valores próximos a estes estão dentro de um limite considerado fisiológico, como observado no presente estudo, em que os valores médios variaram de 1,27 a 1,43 mg/dL.

Corroborando os relatos de Gregory et al. (2004), D'Mello (2003) afirmou que a creatina é um metabólito que sofre pouca influência pelo metabolismo do triptofano, haja vista que seus precursores diretos são a glicina e arginina, além da metionina, que é um doador de grupo metil para a transformação do guanidinoacetato em creatina, no fígado. Assim, justifica-se, em parte, a ausência de efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre a concentração plasmática de creatinina no presente estudo.

Houve efeito quadrático ($P=0,033$) dos níveis de triptofano digestível sobre a ureia plasmática, com estimativas ($R^2=0,64$) de menor valor para o nível de 0,181% de triptofano digestível. De acordo com Nelson & Cox (2011), a ureia plasmática consiste num importante metabólito indicador do catabolismo proteico, haja vista ser a ureia o principal produto da deaminação de aminoácidos e peptídeos, que não são estocados em grandes quantidades no organismo.

Tabela 10 - Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>			
	0,150 0,178 0,206 0,234					Média	0,150 0,178 0,206 0,234					Média	PIR ¹	PIRxTRP ²	Lin ³
1 mg piridoxina / kg de ração					5 mg piridoxina / kg de ração										
Glicose, mg/dL	74,25	79,50	72,50	74,33	75,15	79,75	71,17	73,17	78,17	75,56	1,577	NS ⁵	NS	NS	NS
Creatinina, mg/dL ⁶	1,32	1,27	1,27	1,32	1,29 ^B	1,32	1,39	1,43	1,32	1,37 ^A	0,024	0,038	NS	NS	NS
Ureia, mg/dL ⁷	28,33	21,83	27,50	26,00	25,92	23,08	26,25	22,67	31,17	25,79	0,819	NS	NS	NS	0,033
Proteínas totais, g/dL	7,52	7,81	7,33	7,48	7,53	7,46	7,76	7,84	7,72	7,70	0,085	NS	NS	NS	NS
Triglicerídeos, mg/dL	34,33	33,25	33,92	39,67	35,29	36,50	40,25	34,26	39,08	37,52	2,038	NS	NS	NS	NS
Hematócritos, %	36,92	34,17	34,58	37,17	35,71	36,08	37,00	32,58	35,75	35,35	0,467	NS	NS	NS	NS

¹ Efeito da piridoxina. ² Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ³ Efeito linear dotriptofano digestível. ⁴ Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁵ Não-significativo. ⁶ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F. ⁷ $Y=78,3457 - 598,129X + 1647,53X^2$ ($R^2=0,64$).

Assim, no presente estudo, os níveis periféricos de triptofano avaliados (0,150 e 0,234%) resultaram em maior catabolismo proteico, denotando um desbalanço aminoacídico na dieta, enquanto os níveis intermediários (0,178 e 0,206%) resultaram em menores níveis plasmáticos de ureia, indicando menor catabolismo proteico e, portanto, consistindo em níveis mais próximos à exigência dos animais.

Ainda assim, Bisinoto et al. (2006) avaliaram níveis de triptofano total variando de 0,260 a 0,350%; para suínos, machos castrados, dos 6 aos 20 kg, e não obtiveram diferença ($P>0,05$) para os níveis plasmáticos de ureia, que variaram de 13,27 a 15,99 mg/dL. Entretanto, como os autores avaliaram níveis de triptofano digestível para suínos em fase pré-inicial e inicial, em que as exigências desse aminoácido é proporcionalmente maior do que em animais mais velhos, torna-se menos provável haver efeito sobre parâmetros sanguíneos em categorias mais pesadas, haja vista que a exigência do triptofano é proporcionalmente menor nos animais avaliados no presente estudo, em fase de crescimento.

Para as demais variáveis sanguíneas (Tabela 10), não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis suplementares de piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível. Também não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível sobre as variáveis supracitadas.

A análise de comportamento (Tabela 11) realizada no período diurno (6h às 18h) revelou efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir, em que a menor frequência foi estimada ($R^2=0,87$) ao nível de 0,193% de triptofano digestível. Da mesma forma, a variável imóvel foi influenciada ($P=0,001$) de forma quadrática, cuja derivada da equação de regressão indicou ($R^2=0,89$) a maior frequência desse comportamento ao nível de 0,188% de triptofano. Assim, embora os animais tenham passado menos tempo dormindo durante o dia, nos níveis intermediários de triptofano avaliados, despenderam mais tempo em ócio. Ou seja, não houve influência dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, resultado confirmado pela avaliação do desempenho, que igualmente não foi alterado pelos níveis de triptofano ou de piridoxina.

Tabela 11- Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de fêmeas suínas, dos 50 aos 70 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P			
		0,150 0,178 0,206 0,234					Média	0,150 0,178 0,206 0,234					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴
		1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração								
Diurno	Dormindo ⁷	1,57 (36,59)	1,50 (33,33)	1,51 (31,99)	1,56 (36,07)	1,54 (34,50)	1,61 (40,84)	1,49 (32,68)	1,57 (36,64)	1,60 (39,78)	1,57 (37,48)	0,009	NS ⁶	NS	NS	0,001
	Comendo	1,34 (21,66)	1,20 (16,98)	1,32 (20,55)	1,25 (17,58)	1,28 (19,19)	1,26 (18,07)	1,24 (16,59)	1,14 (13,42)	1,24 (16,47)	1,22 (16,14)	0,013	NS	NS	NS	NS
	Bebendo	1,11 (13,05)	0,81 (6,84)	0,82 (8,26)	1,01 (10,73)	0,94 (9,72)	0,92 (8,87)	0,96 (8,78)	0,93 (8,98)	1,05 (12,22)	0,96 (9,71)	0,022	NS	NS	NS	NS
	Interagindo	0,91 (7,83)	1,05 (10,49)	1,01 (10,11)	1,07 (11,19)	1,01 (9,90)	0,94 (8,98)	1,04 (10,31)	1,03 (11,24)	1,13 (13,12)	1,03 (10,91)	0,012	NS	NS	NS	NS
	Imóvel ⁸	1,34 (20,87)	1,52 (32,35)	1,46 (29,09)	1,33 (24,43)	1,41 (26,69)	1,32 (23,24)	1,49 (31,64)	1,46 (29,72)	1,25 (18,41)	1,38 (25,75)	0,019	NS	NS	NS	0,001
Noturno	Dormindo ⁹	1,96 (89,74)	1,96 (89,57)	1,95 (88,11)	1,94 (85,92)	1,95 (88,33)	1,97 (92,24)	1,96 (90,99)	1,95 (88,48)	1,93 (84,97)	1,95 (89,17)	0,002	NS	NS	0,001	NS
	Comendo ¹⁰	0,47 (2,28)	0,10 (0,38)	0,22 (1,23)	0,52 (3,05)	0,33 (1,74)	0,23 (0,98)	0,19 (0,94)	0,32 (2,72)	0,52 (2,90)	0,32 (1,88)	0,025	NS	0,001	NS	0,001
	Bebendo	0,28 (1,48)	0,30 (1,32)	0,40 (1,88)	0,48 (2,58)	0,36 (1,81)	0,16 (0,72)	0,19 (0,94)	0,38 (1,70)	0,29 (1,20)	0,26 (1,14)	0,017	NS	NS	NS	NS
	Interagindo ¹¹	0,24 (1,01)	0,14 (0,84)	0,13 (0,47)	0,19 (0,70)	0,17 ^B (0,75)	0,30 (1,48)	0,19 (0,72)	0,27 (1,31)	0,33 (1,53)	0,28 ^A (1,26)	0,018	0,024	NS	NS	NS
	Imóvel ^{11, 12}	0,77 (5,50)	0,94 (7,89)	0,94 (8,32)	0,87 (7,75)	0,88 ^A (7,36)	0,60 (4,58)	0,79 (6,42)	0,77 (5,80)	0,94 (9,41)	0,77 ^B (6,55)	0,020	0,009	NS	0,011	NS

¹- Dados transformados para log (X+1) e, entre parênteses, frequência em porcentagem (%). Dormindo= deitado em repouso evidente; Comendo= em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro; Bebendo= em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta; Interagindo= caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baía vizinha; Imóvel= em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear do triptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶- Não-significativo. ⁷-Y= 2,97262 - 15,1262X + 39,1338X²(R²=0,87). ⁸- Y=-1,88204 + 35,9077X - 95,03X² (R²=0,89). ⁹- Y= 2,0152 - 0,32366X(R²=0,91). ¹⁰- Y= 5,21739 - 55,0218X +149,552X²(R²=0,96). ¹¹- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ¹²-Y= 0,5461 + 1,49315X (R²=0,65).

Para a avaliação comportamental realizada em período noturno (18h às 6h), os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear decrescente ($R^2=0,91$) o comportamento de dormir, mas influenciaram ($P=0,011$) de forma linear crescente ($R^2=0,65$) a variável imóvel (Tabela 11).

Houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que o menor valor foi estimado ($R^2=0,96$) para o nível de 0,184% de triptofano. Também houve interação ($P=0,001$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o menor valor foi estimado ($R^2=0,77$) ao nível de 0,191% de triptofano nos tratamentos que receberam o nível basal de piridoxina. Para os tratamentos que receberam o nível suplementar de piridoxina, a menor frequência do comportamento de comer foi estimada ($R^2=0,55$) ao nível de 0,164% de triptofano digestível, conforme ilustrado na Figura 9. A variável interagindo sofreu efeito positivo ($P=0,024$) do nível suplementar de piridoxina, enquanto a variável imóvel sofreu efeito negativo ($P=0,009$).

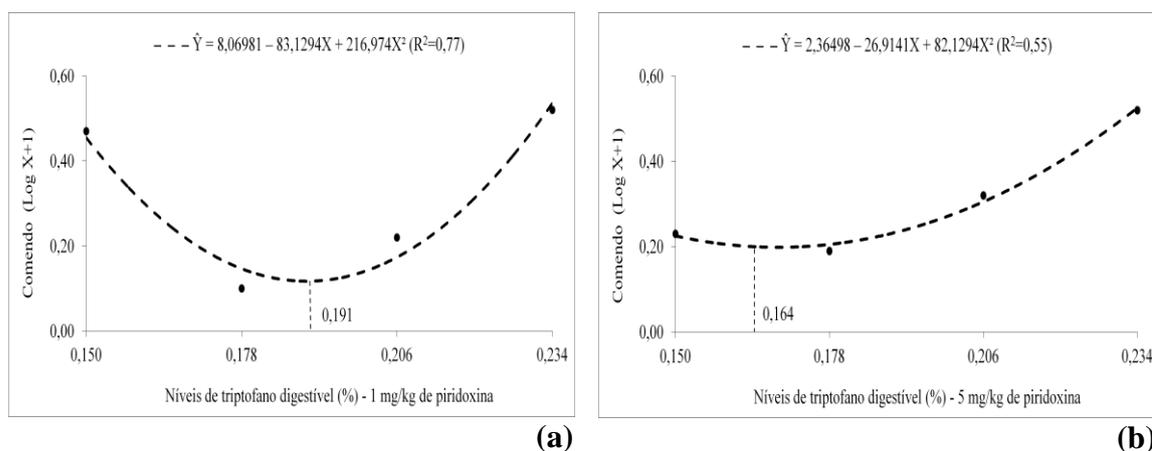


Figura 9 – Interação entre níveis de triptofano digestível e níveis de 1 mg/kg (a) e 5 mg/kg (b) de piridoxina sobre o comportamento de comer, no período noturno (18h às 6h), em fêmeas suínas dos 50 aos 70 kg.

Embora fossem esperados efeitos mais contundentes no comportamento dos animais submetidos a diferentes níveis de triptofano digestível, em virtude da própria variação nos níveis avaliados e também pelo fornecimento de um nível suplementar de piridoxina, que atua como cofator enzimático na síntese de serotonina, alguns autores salientam que existem outros fatores envolvidos na síntese de neurotransmissores com efeitos comportamentais.

A esse respeito, Shen et al. (2012) explicam que dietas ricas em carboidratos podem reduzir a concentração circulante de aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL), sobretudo os aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina), uma vez que a secreção de insulina promove a captação desses aminoácidos para o interior das células, principalmente as musculares. Assim, a relação triptofano:ANCL será maior, reduzindo os efeitos de competição na barreira hematoencefálica e favorecendo a síntese de serotonina cerebral.

Essa teoria foi comprovada por Markus et al. (1998), que forneceram dietas ricas em carboidratos para humanos e observaram que o aumento na relação triptofano:ANCL plasmática resultou em elevação na concentração sanguínea de serotonina. No presente estudo, entretanto, mesmo tendo sido mantidas as quantidades de carboidratos (milho e farelo de soja) nas rações experimentais, o que proporcionou relações triptofano:ANCL crescentes, não houve efeitos consideráveis sobre os comportamentos de comer e dormir, por exemplo.

Para avaliarem o efeito do triptofano sobre o comportamento de porcas em gestação, Li et al. (2011) forneceram níveis de 0,150% (basal) e 0,350% (suplementar) de triptofano digestível para 168 fêmeas suínas, 3 dias antes e 3 dias depois de alojá-las coletivamente, em 8 grupos de 21 animais, buscando a mistura de animais para avaliar o comportamento agressivo. Os autores obtiveram filmagens ininterruptas por 72 horas após a mistura dos animais e observaram que as agressões foram mais intensas nas primeiras 6 horas, com elevações significativas nos níveis de cortisol salivar, mas reduziram linearmente até as 72 horas de avaliação. Entretanto, não houve diferença entre os tratamentos avaliados, o que levou à conclusão de que o nível de 0,350% de triptofano digestível e/ou o período de fornecimento de 3 dias antes e depois da mistura de animais não reduziram o comportamento agressivo.

De forma semelhante, Poletto et al. (2010) avaliaram o comportamento diurno de fêmeas suínas alojadas coletivamente (6 animais/baia), aos 3 e 6 meses de idade, alimentadas durante 7 dias com dois níveis de triptofano digestível (3 meses= 0,140 e 0,350%; 6 meses= 0,130 e 0,310%). Os autores observaram que aos 3 meses de idade as fêmeas que receberam o maior nível de triptofano (0,350%) passaram menos tempo em pé e mais tempo deitadas, apresentando queda no comportamento agressivo em relação às que receberam o nível basal do aminoácido. Entretanto, esse comportamento não foi observado para os mesmos animais reagrupados aos 6 meses de idade, que manifestaram agressividade. Os autores concluíram que o comportamento obtido para

os animais aos 3 meses, que receberam triptofano suplementar, está relacionado à ativação do sistema serotoninérgico cerebral, uma vez que esses animais apresentaram concentrações plasmáticas de serotonina significativamente maiores.

De modo geral, embora tenha havido interação entre os níveis de piridoxina e de triptofano para a profundidade do músculo *longissimus dorsi*, em que a piridoxina suplementar (5 mg/kg) proporcionou maior PL até o nível de 0,178% de triptofano digestível, com base nas demais características avaliadas, o nível mínimo de triptofano digestível avaliado (0,150%) atendeu às exigências de fêmeas suínas dos 50 aos 70kg, assegurando uma relação triptofano:lisina digestível de 0,160.

Essa exigência é inferior à proposta por Rostagno et al. (2011), de 0,168%; para a mesma fase e sexo, cuja relação triptofano:lisina foi de 0,180. No entanto, é exatamente igual à exigência recomendada pelo NRC (2012), para fêmeas suínas dos 50 aos 75kg, resultando numa relação triptofano:lisina de 0,172.

Ainda assim, a exigência diária de triptofano digestível foi de 3,11 g/dia, sendo inferior à exigência diária proposta por Rostagno et al. (2011), de 3,90 g/dia, para a mesma fase e sexo, mas superior à proposta pelo NRC (2012), de 3,00 g/dia, para fêmeas suínas dos 50 aos 75 kg.

Conclusões

Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 50 aos 70 kg, que é inferior a 0,150%, resultando numa exigência diária de, no máximo, 3,11 g.

Referências

- BISINOTO, K.S.; BERTO, D.A.; CALDARA1, F.R.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S. Exigências de triptofano para leitões (6 kg a 11 kg) com base no conceito da proteína ideal. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.28, p.197-202, 2006.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. CABI Publishing, United Kingdom: Edinburgh, 2 Ed., 515p. 2003.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass

- characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.
- DUTRA JR, W.M.; FERREIRA, A.S.; TAROUCO, J.U. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultrasonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1243-1250, 2001.
- FREMAUT, D.; SCHRIJVER, D.R. Tryptophan supplementation of diets for growing-finishing pigs. **Revue de l'Agriculture**, v.43, p.761-768, 1990.
- GREGORY L.; BIERGEL JUNIOR, E.H.; D'ANGELINO, J.L. et al. Valores de referência dos teores séricos da ureia e creatinina em bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da leucose dos bovinos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, n.3, p.339-345, 2004.
- HAESE, D., DONZELE, J.L., OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p.482-489, 1995.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, triptófano and treonina. **Pig News and Information** (14-1) 35N-43N, 1993.
- HENRY, Y. Effects of dietary tryptophan deficiency in finishing pigs, according to age or weight at slaughter or live weight gain. **Livestock Production Science**, v.73, p.63-76, 1995.
- HENRY, Y., SÈVE, B., COLLEAUX, Y., GANIER, P., SALIGAUT, C., JE'GO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **J. Anim. Sci.** v.70, p.1873– 1887, 1992.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2700–2710, 1996.
- JANSMAN, A.J.M.; KEMP, G.; VAN CAUWENBERGH, S. Effect of branched chain amino acids and tryptophan on performance in piglets. IN: 51st Annu. Meeting Eur. Assoc. Anim. Prod., The Hague, the Netherlands, 2002. **Proceedings...** 2002, p. 99.
- LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E.; SÈVE, B. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids, Springer**, 2010, 11p.
- LENIS, N.P.; VAN DIEPEN, J.T.M.; GOEDHART, P.W. Amino acid requirements for methionine – cystine, threonine and tryptophan of fastgrowing boars and gilts, fed ad libitum. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.38, p.577-595, 1990.
- LI, Y.Z.; BAIDOO, S.K.; JOHNSTON, L.J.; ANDERSON, J.E. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1899-1907, 2011.

- MARKUS, C.R.; PANHUYSEN, G.; TUITEN, A. et al. Does carbohydrate-rich, protein-poor food prevent a deterioration of mood and cognitive performance of stress-prone subjects when subjected to a stressful task? **Appetite**, v.31, p.49–65, 1998.
- MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. New York: Cambridge University Press, 1986.
- MATTE, J.J.; LE FLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.170, p.256-264, 2011.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MORENO, A.M.; SOBESTYANKY, J.; LOPEZ, A.C. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 41), 1997, 30p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 11 ed. Washington DC: National Academic Press, 2012. 400p.
- NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. São Paulo: SARVIER, 5Ed., 2011, 1274p.
- PAIANO, D.; BARBOSA, O.R.; MOREIRA, I. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Science Animal Science**. v.29, p.345-351, 2007.
- POLETO, R.; MEISEL, R.L.; RICHERT, B.T.; CHENG, H.W.; MARCHANT-FORDE, J.N. Aggression in replacement grower and finisher gilts fed a short-term high tryptophan diet and the effect of long-term human-animal interaction. **Applied Animal Behaviour Science**, v.122, p.98-110, 2010.
- 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, MG: UFV, 2011. 252p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS User's Guide: Statistics**. Electronic version 8.1. Cary: 2001 (CD-ROM).
- SHEN, Y.B.; VOILQUE', G.; ODLE, J. et al. Dietary L-tryptophan supplementation with reduced large neutral amino acids enhances feed efficiency and decreases stress hormone secretion in nursery pigs under social-mixing stress. **Journal of Nutrition**, v.142, p.1540-1546, 2012.
- XIE, C.Y.; ZHANG, G.J.; ZHANG, F.R.; ZHANG, S.H.; ZENG, X.F.; THACKER, P.A.; QIAO, S.Y. Estimation of the optimal ratio of standardized ileal digestible tryptophan to lysine for finishing barrows fed low protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Czech J. Anim. Sci.**, v.59, p.26-34, 2014.

V–Níveis de triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para suínos, machos castrados, dos 70 aos 100kg³

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, comportamento, características quantitativas e qualitativas de carcaça de suínos machos castrados, em fase de terminação. Foram utilizados 64 suínos mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $70,77 \pm 2,07$ kg; distribuídos em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,130; 0,155; 0,180 e 0,205%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. A avaliação comportamental em período diurno revelou efeito linear crescente ($P=0,007$) dos níveis de triptofano sobre a variável interagindo e efeito quadrático ($P=0,003$) para a variável imóvel, em que o maior valor (34,35%) foi obtido para o nível de 0,167% de triptofano digestível. No período noturno, os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,003$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir e de forma quadrática ($P=0,008$) o comportamento de comer, em que o menor valor (1,08%) foi obtido para o nível de 0,154% de triptofano digestível. A variável interagindo sofreu efeito ($P=0,031$) do nível suplementar de piridoxina. Para as variáveis quantitativas da carcaça, embora a piridoxina tenha apresentado efeito positivo ($P<0,05$) sobre os rendimentos de carcaça quente e fria, resultou em efeito negativo ($P<0,05$) sobre o peso e rendimento de pernil. Para as variáveis qualitativas do músculo *longissimus dorsi*, embora a piridoxina tenha apresentado efeito positivo ($P<0,05$) sobre o pH 24h, resultou em aumento nas variáveis de perda de líquido por gotejamento e cocção. Além disso, houve efeito linear ($P<0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre o grau de luminosidade da carne e efeito quadrático ($P<0,05$) sobre a força de cisalhamento, com estimativas de maior valor (3,23 kgf/seg) para o nível de 0,163% de triptofano digestível. A exigência dietética de triptofano digestível, para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg, foi de, no máximo, 0,130% (4,07 g/dia) e não se alterou em função da piridoxina.

Palavras-chave: aminoácido aromático, nutrição de suínos, qualidade de carne

³ Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Ciência e Agrotecnologia* (ISSN: 1413-7054).

V–Tryptophan and pyridoxine levels in low crude protein diets for barrows (70-100kg)

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate levels of digestible tryptophan and pyridoxine on performance, blood parameters, behavior, quantitative and qualitative carcass characteristics of barrows in the finishing phase. Sixty four crossbred barrows with an average initial weight of 70.77 ± 2.07 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.130, 0.155, 0.180 and 0.205%), with eight replications and one animal per experimental unit. The behavioral evaluation in daytime revealed increased linearly effect ($P=0.007$) of tryptophan levels on the variable interacting and quadratic effect ($P=0.003$) for the variable stationary, in which the highest value (34.35%) was obtained for the level of 0.167% digestible tryptophan. At night, the increasing levels of tryptophan linearly decreased ($P=0.003$) the behavior of sleep and quadratically ($P=0.008$) the eating behavior, in which the lowest value (1.08%) was obtained to the level of 0.154% digestible tryptophan. The variable interacting suffered effect ($P=0.031$) of the additional level of pyridoxine. For quantitative variables of carcass, although pyridoxine has shown positive effect ($P < 0.05$) on yield of hot and cold carcass, resulted in a negative effect ($P < 0.05$) on the ham weight and yield. For qualitative variables of *longissimus dorsi*, although pyridoxine has shown positive effect ($P < 0.05$) on pH 24h, it increased the loss of drip and cooking fluid. In addition, there was a linear effect ($P < 0.05$) of digestible tryptophan levels on the meat lightness degree and a quadratic effect ($P < 0.05$) on shear force, with estimates of higher value (3.23 kgf / sec) at 0.163% digestible tryptophan. The dietary digestible tryptophan requirement for barrows from 70 to 100 kg was not higher than 0.130% (4.07 g/day) and did not change due pyridoxine.

Keywords: aromatic amino acid, swine nutrition, meat quality

Introdução

O triptofano, assim como a lisina, é um aminoácido essencial, devendo ser fornecido na ração, pois sua síntese não pode ser realizada pelo animal. Além da função de deposição proteica, o triptofano está envolvido em várias vias metabólicas, tais como na síntese de serotonina e melatonina, cujos efeitos são evidentes sobre o comportamento e o consumo alimentar. O triptofano ainda está envolvido na modulação da resposta imune, uma vez que sua via catabólica gera compostos como a quinurenina, o ácido xanturênico, ácido quinolínico, ácido picolínico e niacina (Le Floch et al., 2010).

A produção de serotonina é realizada pelos neurônios serotoninérgicos, por meio da oxidação do triptofano no cérebro, resultando na regulação da ingestão de alimento. Desta forma, o favorecimento da síntese de serotonina parece possível por meio do fornecimento de uma dieta com baixa proteína e altos níveis de triptofano (Le Floch & Sève, 2007).

De acordo com Haese et al. (2006), além de melhorar o consumo alimentar e o desempenho dos animais, o triptofano tem sido adicionado às rações para suínos em terminação com o objetivo de melhorar a qualidade da carne, por diminuir a resposta do animal ao estresse no abate e conseqüentemente a carne do tipo PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água).

A melhoria na qualidade da carne em função do fornecimento de maiores níveis de triptofano às rações pode ocorrer, principalmente, devido à competição do triptofano com a tirosina, pelo mesmo sítio de ligação na barreira hematoencefálica (Le Floch & Sève, 2007). Assim, os produtos da tirosina, principalmente a epinefrina e a norepinefrina, responsáveis pela manifestação do estresse ao abate, não serão liberados em concentrações suficientes para o animal manifestar o estresse, resultando em menor incidência de metabolismo anaeróbico e, portanto, menor liberação de lactato no músculo (Guzik et al., 2006).

Entretanto, as enzimas responsáveis pela conversão do triptofano em compostos como a serotonina, melatonina, quinurenina, ácido quinurênico, ácido xanturênico, niacina e ácido quinolínico utilizam a piridoxina (vitamina B6) como cofator enzimático, catalizando muitas de suas reações bioquímicas (Le Floch et al., 2010).

Desse modo, tendo em vista a escassez de pesquisas acerca da interação entre níveis de triptofano e piridoxina para suínos em terminação, o presente trabalho teve por objetivo avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos,

comportamento, características quantitativas e qualitativas de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100kg.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W e altitude de 564m), no período de junho a dezembro de 2013. Todos os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido aprovados para execução (Parecer nº 036/2013).

Foram utilizados 64 suínos mestiços (Topigs 20 x Tybor), machos castrados, com peso médio inicial de $70,77 \pm 2,07$ kg. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dividido em duas alas, sendo cada uma composta por 20 baias (3,80 m² cada), separadas por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo chupeta e comedouro semiautomático, proporcionando livre acesso à ração e à água, fornecidas à vontade, durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos, com base no peso inicial, em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,130; 0,155; 0,180 e 0,205%), com oito repetições e um animal por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aditivos (Tabela 12), para atenderem às exigências recomendadas por Rostagno et al. (2011), para suínos machos castrados, de alto potencial genético e desempenho superior, na fase de terminação (70-100 kg), exceto para o nível de proteína bruta, que foi reduzido de 15,53 para 14,40%; e de triptofano digestível, que variou de 0,130 a 0,205%.

Para atender os níveis de 0,155; 0,180 e 0,205% de triptofano digestível, o L-triptofano foi adicionado na ração basal às custas do ácido glutâmico, que foi utilizado nas rações para que estas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio. Para atender ao nível de 1 mg/kg de piridoxina, foi utilizado premix vitamínico, conforme a recomendação do fabricante e, para o nível de 5 mg/kg, foi adicionada a vitamina B6 sintética (Piridoxina 99%), às custas do inerte.

O bicarbonato de sódio foi utilizado nas rações para garantir que as mesmas possuíssem os mesmos balanços eletrolíticos das dietas (BED), que foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos utilizados, conforme proposto por Mongin (1981).

Tabela 12 -Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg.

Ingredientes (%)	Níveis de triptofano digestível (%)			
	0,130	0,155	0,180	0,205
Milho	80,14	80,14	80,14	80,14
Farelo de soja	16,06	16,06	16,06	16,06
Calcário	1,27	1,27	1,27	1,27
Fosfato bicálcico	0,89	0,89	0,89	0,89
Sal comum	0,05	0,05	0,05	0,05
Bicarbonato desódio	0,45	0,45	0,45	0,45
L-lisina HCl	0,333	0,333	0,333	0,333
DL-metionina	0,074	0,074	0,074	0,074
L-treonina	0,118	0,118	0,118	0,118
L-triptofano	-	0,025	0,051	0,076
Ácido glutâmico	0,189	0,126	0,063	-
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010
Promotor de crescimento ³	0,020	0,020	0,020	0,020
Vitaminas ⁵	0,250	0,250	0,250	0,250
Minerais ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050
Inerte ¹	0,100	0,137	0,174	0,212
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%)	14,40	14,40	14,40	14,40
Cálcio (%)	0,765	0,765	0,765	0,765
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160
Potássio (%)	0,572	0,572	0,572	0,572
Cloro (%)	0,150	0,150	0,150	0,150
Lisina digestível (%)	0,829	0,829	0,829	0,829
Met+Cis digestível (%)	0,497	0,497	0,497	0,497
Treonina digestível (%)	0,555	0,555	0,555	0,555
Triptofano digestível (%)	0,130	0,155	0,180	0,205
Arginina digestível (%)	0,795	0,795	0,795	0,795
Valina digestível (%)	0,577	0,577	0,577	0,577
Leucina digestível (%)	1,193	1,193	1,193	1,193
Isoleucina digestível (%)	0,489	0,489	0,489	0,489
Fen + Tir digestível (%)	1,044	1,044	1,044	1,044
Relação Trp : ANCL ⁶ (%)	3,936	4,693	5,450	6,206
Relação Trp :Lis digestíveis (%)	15,68	18,70	21,71	24,73
BED (mEq/kg) ⁷	173,54	173,54	173,54	173,54

¹Areia fina lavada. ²BHT. ³Fosfato de tilosina. ⁴Conteúdo/kg: ferro - 15 g; cobre - 2.400 mg; cobalto - 27 mg; manganês - 10,40 mg; zinco - 20 g; iodo - 165 mg; selênio - 60 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁵Conteúdo/kg: vit. A - 10.000.000 U.I.; vit D₃ - 1.500.000 U.I.; vit. E - 30.000 U.I.; vit B₁ - 392 mg; vit B₂ - 853 mg; vit. B₆ - 396 mg; vit B₁₂ - 5.333 mcg; ácido nicotínico - 6.533 mg; ácido pantotênico - 3.166 mg; vit. K₃ - 485 mg; ácido fólico - 106 mg; biotina - 26 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁶Aminoácidos neutros de cadeia longa (valina, leucina, isoleucina e fen+tir). ⁷Balanco eletrolítico da dieta.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, para determinação do ganho de peso diário (GPD). As rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas aos animais e as sobras pesadas para determinação do consumo diário de ração (CDR) e a conversão alimentar (CA).

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas com auxílio de um Data Logger (Hobbo U10[®]), instalado no centro do galpão experimental, a 1,5m do solo, onde eram coletados os dados climáticos a cada 30 minutos, durante todo o período experimental.

Foram realizadas avaliações de comportamento animal, de forma direta, com determinação instantânea, por meio de registro com auxílio de câmeras de vídeo, utilizando um intervalo amostral de 10 minutos, conforme metodologia descrita por Martin e Bateson (1986), durante 24 horas, em três dias diferentes, com intervalo de aproximadamente 7 dias, no decorrer da fase de criação dos suínos (70 aos 100 kg), que totalizou 432 observações por animal (27.648 observações totais). Durante o período noturno, as filmagens foram feitas com as lâmpadas de luz ambiente ligadas.

Os parâmetros comportamentais dos suínos foram agrupados em: Dormindo (deitado em repouso evidente); Comendo (em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro); Bebendo (em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta); Interagindo (caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baia vizinha); Imóvel (em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando), conforme metodologia adaptada de Paiano et al. (2007).

Quando os animais apresentaram aproximadamente 100 kg, foram realizadas as avaliações das características de carcaça, que consistiram na determinação da espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), utilizando um conjunto de equipamentos constituídos de uma ecocâmera (Aloka[®] SSD-500 Vet) acoplada a uma probe de 14,5 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região P2, entre a última e a penúltima costela torácica, a 6 cm da linha média, sendo a região previamente depilada no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, conforme descrito por Dutra Júnior et al. (2001), tomando-se duas imagens da região.

Ao término do experimento, os animais também foram submetidos a um jejum de 6 horas, para a coleta de sangue. As amostras de sangue foram colhidas através da veia jugular (Cai et al., 1994) e transferidas para tubos contendo EDTA (análises de ureia, proteínas totais, creatinina e triglicérides) ou fluoreto (análise de glicose), sendo posteriormente centrifugadas

(3.000 rpm), por 15 minutos, para separação do plasma (Moreno et al., 1997). Em seguida, 3 mL de plasma foram transferidos para tubos tipo “eppendorfs” devidamente identificados e armazenados em congelador (-18°C), para análises posteriores.

As análises de glicose, ureia, proteínas totais, creatinina e triglicerídeos foram realizadas pelo método colorimétrico, por meio de kits comerciais, seguindo os procedimentos operacionais padrões (POP) descritos nos mesmos. Adicionalmente, foram utilizados tubos contendo EDTA para a colheita de sangue, que foi utilizado para determinar a porcentagem de hematócritos, utilizando microcapilares submetidos à centrifugação do sangue (10.000 rpm, por cinco minutos).

Ao término do período experimental, os suínos foram mantidos em jejum alimentar, por um período médio de 24 horas, para posteriormente serem abatidos, no Abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM. Os suínos foram previamente submetidos à insensibilização elétrica (200 watts) e abatidos por exsanguinação, sendo posteriormente depilados e eviscerados. As carcaças foram resfriadas (1-2°C) por 24h para, posteriormente, serem submetidas à avaliação quantitativa, conforme o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça Suína MBCCS (Bridi e Silva, 2009) e o método americano (NPPC, 1991).

O pH do músculo *longissimus dorsi* foi mensurado na carcaça quente, 45 min após o abate (pH45) e na carcaça resfriada, mantida na câmara fria (1-2°C) por 24h (pH24), utilizando um medidor de pH portátil digital HI 99163 (Hanna Instruments), seguindo as recomendações de Bridi & Silva (2009). No abate, foram pesados o coração, baço, fígado e rins, para obtenção do peso absoluto e relativo dos órgãos, calculado com base no peso da carcaça quente. Também foi retirada e pesada a gordura abdominal das carcaças, para obtenção do peso absoluto e relativo de gordura abdominal, calculado com base no peso da carcaça fria.

Para a tipificação das carcaças foi utilizado o sistema óptico (Pistola Hennessy Modelo-GP7), logo após a obtenção do pH45, com sonda de registros por espectroscopia de refletância, que foi inserida a seis centímetros da linha média, entre a última e penúltima costela torácica, para mensuração de carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água) no músculo *longissimus dorsi*, rendimento de carne magra (RCM), profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PL) e espessura de toucinho (ET). O RCM nas carcaças também foi estimado por meio da equação proposta por Irgang (1998), conforme segue: $RCM (\%) = 60 - (ET \times 0,58) + (PL \times 0,10)$.

Para avaliação qualitativa da carcaça, 24 horas após o abate, foram retiradas amostras (2,5 cm de espessura) do *longissimus dorsi*, na região da 14ª e 18ª vértebras, para posterior mensuração de gordura intramuscular (marmoreio), perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, conforme Bridi & Silva (2009).

A cor do músculo *longissimus dorsi* foi mensurada 24h após abate, com amostras retiradas entre a 14ª e 18ª vértebras torácicas, conforme descrito por Bridi & Silva (2009). Na superfície do músculo, foram realizadas seis medições de luminosidades Minolta (L*, a* e b*), utilizando o colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's, (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-average). Os componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Na mensuração das variáveis de cor, consistência e marmoreio, foi adotado um escore subjetivo na superfície do músculo *longissimus dorsi*, utilizando uma pontuação com escala de cinco pontos (1 = pálida, mole e desprovida de marmoreio; 5 = escura, firme moderado ou abundante marmoreio), como descrito pelo NPPC (1991).

As amostras cozidas do *longissimus dorsi* foram utilizadas para medição da força de cisalhamento (kgf). De cada amostra foram retiradas, longitudinalmente, no sentido das fibras musculares, seis subamostras no formato cilíndrico (diâmetro 1,27cm), segundo recomendações de Ramos & Gomide (2007). As análises foram realizadas em um texturômetro Stable Micro System TA-XT2i, acoplado à probe Warner-Bratzler Shear Force e ao software Texture Expert Exponent – Stable Micro Systems.

Os dados referentes ao desempenho, parâmetros sanguíneos, características quantitativas e qualitativas de carcaça foram submetidos à análise de variância. As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em percentagem e transformadas para $\log(x+1)$. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de piridoxina. Os graus de liberdade referentes aos níveis de triptofano digestível foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão. Para as variáveis de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável, enquanto para avaliação das características quantitativas e qualitativas da carcaça, foi utilizado o peso de abate como covariável.

A incidência de carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água) foi quantificada em percentagem e os dados foram transformados para $y = \arcsin \sqrt{X/N}$, assumindo distribuição binomial, segundo metodologia descrita por Haddad & Vendramim

(2000) e as médias transformadas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de piridoxina.

Todos os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se PROC GLM do programa computacional SAS (2001). Quando houve interação entre os níveis de triptofano digestível e piridoxina, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $16,5 \pm 4,58^{\circ}\text{C}$ e $27,6 \pm 5,00^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média do ar no período experimental foi de $65,91 \pm 15,90\%$. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 743 mm.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível (Tabela 13) sobre o peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA), profundidade de lombo (PL) e espessura de toucinho (ET). Também não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível avaliados. Os níveis de triptofano digestível avaliados não influenciaram ($P > 0,05$) o GPD, evidenciando que o menor nível de triptofano digestível (0,130%) foi suficiente para atender às exigências para ganho de peso.

De modo semelhante, Fremaut & Deschrijver (1990), ao avaliarem níveis de triptofano com relações triptofano:lisina digestível variando de 18,0 a 24,0%; não observaram variação significativa no ganho de peso dos animais. Do mesmo modo, Haese et al. (2006) também não verificaram efeito significativo dos níveis de triptofano digestível (0,128 a 0,160%) sobre o ganho de peso diário de suínos, machos castrados, dos 60 aos 95 kg. Segundo esses autores, o nível de 0,128% triptofano digestível, que correspondeu à relação de 16,0% com a lisina digestível, foi suficiente para atender às exigências para máximo crescimento dos animais.

Entretanto, Pereira et al. (2008) avaliaram níveis de triptofano variando de 0,124 a 0,160% para suínos, machos castrados, dos 97 aos 125kg e observaram que os níveis de triptofano influenciaram ($P < 0,06$) o ganho de peso diário dos animais, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,144%; correspondente a uma relação de 19,2% com a lisina digestível. Resultados semelhantes foram obtidos por Eder et al. (2003), que verificaram que o nível de 0,146% de triptofano digestível proporcionou o melhor ganho de peso dos suínos na fase de terminação (80 a 115 kg).

Tabela 13 - Desempenho e características de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>					
	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	1 mg piridoxina /kg de ração						5 mg piridoxina /kg de ração										
PI, kg	71,27	71,09	71,66	69,96	70,99	70,53	70,14	70,78	69,75	70,30	0,259	NS ⁶	NS	NS	NS		
PF, kg	100,43	99,53	100,90	101,40	100,56	102,51	99,28	102,51	99,42	100,93	0,632	NS	NS	NS	NS		
GPD, kg	1,08	0,92	0,96	1,03	1,00	1,09	0,97	0,99	0,97	1,00	0,018	NS	NS	NS	NS		
CDR, kg	3,13	2,60	3,07	2,92	2,93	3,13	2,75	2,98	2,60	2,86	0,072	NS	NS	NS	NS		
CA	2,94	2,83	3,22	2,80	2,95	2,90	2,85	3,02	2,71	2,87	0,055	NS	NS	NS	NS		
PL, cm	5,03	4,56	4,76	4,51	4,72	4,66	4,66	4,66	4,52	4,63	0,052	NS	NS	NS	NS		
ET, cm	1,50	1,59	1,37	1,45	1,48	1,46	1,19	1,34	1,35	1,33	0,030	NS	NS	NS	NS		

¹PI= Peso inicial; PF= Peso final; GPD = Ganho de peso diário; CDR = Consumo diário de ração; CA = Conversão alimentar; PL = Profundidade de lombo mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500); ET = Espessura de toucinho mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500). ²Efeito da piridoxina. ³Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴Efeito linear dotriptofano digestível. ⁵Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁶Não-significativo.

Na mesma linha de pesquisa, Xie et al. (2014) avaliaram níveis de triptofano digestível de 0,080 a 0,160% para suínos machos castrados, dos 67 aos 96 kg, e concluíram que a exigência dos animais foi de 0,124% de triptofano digestível, com base no GPD e CA, o que resultou numa relação triptofano:lisina digestível de 20,3%.

A diferença entre o nível mínimo de triptofano avaliado no presente trabalho (0,130%) e os valores obtidos por Eder et al. (2003) e Pereira et al. (2008), de 0,146% e 0,144%; respectivamente, pode ser justificada, em parte, pela diferença no peso de abate dos animais. Enquanto no presente estudo os animais foram abatidos com média de 100kg, Eder et al. (2003) e Pereira et al. (2008) abateram seus animais com médias de 115 e 125kg, respectivamente.

De acordo com Fuller (1991), a exigência de manutenção dos animais aumenta de acordo com seu peso de abate, uma vez que o aumento da exigência de alguns aminoácidos relacionados à manutenção dos animais, como o triptofano, é ocasionado pela associação desses aminoácidos com as perdas endógenas e a renovação celular da mucosa intestinal.

Os níveis de triptofano digestível avaliados no presente estudo não influenciaram ($P>0,05$) o CDR. Resultados semelhantes foram encontrados por Guzik et al. (2006), Haese et al. (2006) e Pereira et al. (2008), que não constataram influência do aumento do nível de triptofano sobre o consumo de ração para suínos, machos castrados, na fase de terminação. Em contrapartida, Burgoon et al. (1992) e Rossoni et al. (2003), conduzindo estudos para avaliar níveis de triptofano na ração de suínos na fase de terminação, verificaram variação significativa no consumo de ração dos animais.

Ao conduzirem estudos com suínos, machos castrados e fêmeas, na fase de terminação, Henry et al. (1992) constataram que a influência de diferentes níveis de triptofano sobre o consumo de ração era maior nas fêmeas que nos machos castrados, associando esse efeito à baixa relação entre o triptofano e os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL) na ração. Segundo os autores supracitados, a menor relação triptofano:ANCL no plasma resultou em diminuição da disponibilidade de triptofano no cérebro, reduzindo, conseqüentemente, a produção de serotonina, um neurotransmissor que estimula o consumo de alimento pelos animais.

Ao avaliarem diferentes relações triptofano:ANCL para suínos machos castrados na fase de terminação, Henry & Sève (1993) concluíram que o nível de triptofano na ração deve corresponder, no mínimo, a 4% da soma dos ANCL, para evitar uma possível redução do

consumo de ração voluntário pelos animais. Os autores justificam que o triptofano e os aminoácidos neutros de cadeia longa, quais sejam a valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina, competem pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto no plano intestinal como no cerebral.

A relação triptofano:ANCL no plasma influencia a síntese de serotonina no hipotálamo e essa competição com os ANCL pelo sítio de absorção na barreira hematoencefálica pode ser intensificada pelo aumento dos níveis destes aminoácidos na ração (rações com altas quantidades de proteína bruta ou deficiência de triptofano), levando a uma saturação dos transportadores e reduzindo a quantidade de triptofano que atravessa a barreira hematoencefálica. Como consequência, menor quantidade de serotonina será produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário (Henry & Sève, 1993).

Posteriormente, Henry et al. (1996) confirmaram que o efeito depressor do triptofano sobre a ingestão voluntária de alimentos em suínos estaria relacionado à menor concentração de serotonina em várias regiões do cérebro e que este efeito foi mais expressivo em fêmeas do que em suínos machos castrados.

Considerando os relatos destes autores, pode-se inferir que o menor nível de triptofano digestível avaliado neste estudo (0,130%), cuja relação triptofano:ANCL correspondeu a 3,936; não foi suficiente para influenciar o consumo voluntário de ração.

De modo semelhante, Haese et al (2006) avaliaram relações triptofano:ANCL ainda menores (3,087 a 3,859%) que as do presente estudo, para suínos machos castrados, dos 60 aos 95 kg e também não observaram efeito ($P < 0,05$) sobre o consumo de ração ou qualquer outra variável de desempenho.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre a CA dos animais. De forma semelhante, Eder et al. (2003), estudando níveis de triptofano digestível de 0,049 a 0,129% para suínos, machos castrados, dos 80 aos 115 kg, não observaram variação ($P > 0,05$) na CA dos animais. Conduzindo estudos com suínos, machos castrados dos 60 aos 95 kg (0,128 a 0,160% de triptofano digestível) e dos 97 aos 125 kg (0,124 a 0,160% de triptofano digestível), respectivamente, Haese et al. (2006) e Pereira et al (2008) também não observaram efeito significativo ($P > 0,05$) sobre a conversão alimentar dos animais.

No entanto, Guzik et al. (2006) verificaram que a conversão alimentar de suínos em terminação (75 aos 105kg) melhorou com a adição de triptofano (0,060 a 0,140%) nas rações e que a melhor resposta foi obtida no nível de 0,109% de triptofano digestível, correspondente a

uma relação de 21,0% com a lisina digestível.

O efeito não significativo ($P>0,05$) dos níveis de Trip digestível sobre a CA nesse estudo indica que a partir de 0,130% desse aminoácido nas rações não há comprometimento mas também não existe aumento na eficiência de utilização do alimento pelos animais.

Ao avaliarem níveis de triptofano (0,190 a 0,250%) e piridoxina (2,1 a 3,5 mg/kg) para suínos recém desmamados, de 2 a 9 semanas de idade, Matte et al. (2011) não observaram efeito dos tratamentos sobre o CDR, GPD e CA, concluindo que a exigência de triptofano não se alterou em função dos níveis de piridoxina avaliados.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre aPL e a ET (Tabela 13). De forma similar, Fremaut & Deschrijver (1990), Henry et al. (1992), Haese et al. (2006) e Pereira et al. (2008) não verificaram alterações na PL e ET em função dos níveis de triptofano para suínos em terminação. No entanto, Guzik et al. (2006) observaram que para suínos machos castrados (75 aos 105 kg) houve efeito linear ($P=0,10$) dos níveis de triptofano digestível (0,060 a 0,140%) sobre a ET, que variou de 1,78 a 2,24 cm. Os autores atribuíram esse efeito à característica específica do triptofano (glico ou cetogênico) que, quando em excesso, será deaminado no fígado e seu cetoácido correspondente será o Acetoacetil-CoA ou Acetil-CoA, compostos que podem gerar corpos cetônicos, envolvidos na síntese de gorduras.

As variáveis sanguíneas (Tabela 14), dentre as quais os níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis suplementares de piridoxina e nem pelos níveis de triptofano digestível. Também não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível sobre as variáveis supracitadas.

Embora haja poucos trabalhos na literatura avaliando o efeito de níveis de triptofano digestível sobre parâmetros bioquímicos do sangue em suínos, Le Floch & Sève (2007) afirmaram que o triptofano está envolvido no controle periférico do apetite, por modular a secreção de insulina e do peptídeo inibidor gástrico (GIP), além de elevar a expressão gênica de grelina, ambos hormônios com efeitos positivos sobre o consumo alimentar. Além disso, Guyton & Hall (2006) relataram que uma das teorias de regulação do consumo alimentar é a glicostática, segundo a qual a glicemia plasmática indica o estado alimentar do indivíduo.

Tabela 14 - Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritosem suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>				
	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	PIR ¹	PIRxTRP ²	Lin ³	Quad ⁴
	1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração									
Glicose, mg/dL	71,38	68,81	66,88	63,50	67,64	68,38	63,25	65,06	65,81	65,63	1,292	NS ⁵	NS	NS	NS	
Ureia, mg/dL	31,81	32,19	30,69	27,94	30,66	28,06	29,69	31,19	30,69	29,91	0,962	NS	NS	NS	NS	
Creatinina, mg/dL	1,61	1,60	1,76	1,61	1,65	1,85	1,82	1,51	2,04	1,81	0,074	NS	NS	NS	NS	
Triglicerídeos, mg/dL	47,00	49,94	42,19	39,13	44,56	47,50	47,81	46,63	53,50	48,86	1,589	NS	NS	NS	NS	
Proteínas totais, g/dL	8,70	8,63	9,10	8,21	8,66	9,07	8,79	8,81	9,26	8,98	0,145	NS	NS	NS	NS	
Hematócritos, %	37,19	34,78	35,13	36,09	35,80	35,91	37,34	36,75	32,88	35,72	0,560	NS	NS	NS	NS	

¹ Efeito da piridoxina. ² Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ³ Efeito linear dotriptofano digestível. ⁴ Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁵ Não-significativo.

Desse modo, animais submetidos a níveis deficientes ou excessivos de triptofano, em teoria, poderiam apresentar diferentes taxas glicêmicas. Ainda assim, no presente trabalho esse efeito não foi observado, possivelmente devido ao fato do menor nível de triptofano digestível avaliado (0,130%) não representar um nível deficiente. De modo similar ao presente estudo, Bisinoto et al. (2006) avaliaram níveis de Trp total (0,260 a 0,350%) para suínos machos castrados (6 - 20 kg) e não obtiveram diferença ($P>0,05$) para os níveis plasmáticos de ureia, que oscilaram entre 13,27 e 15,99 mg/dL.

Entretanto, como os autores avaliaram níveis de triptofano digestível para suínos em fase pré-inicial e inicial, em que as exigências desse aminoácido é proporcionalmente maior do que em animais mais velhos, torna-se menos provável haver efeito sobre parâmetros sanguíneos em categorias mais pesadas, haja vista que a exigência do triptofano é proporcionalmente menor nos animais avaliados no presente estudo, em fase de terminação.

Os níveis de creatinina plasmática não apresentaram variação ($P>0,05$) em função dos níveis de triptofano digestível avaliados. A creatinina é um produto da degradação da fosfocreatina, que consiste numa substância nitrogenada não proteica, formada através do metabolismo muscular da creatina e do fósforo. Fatores individuais e relacionados à idade do animal podem exercer influência nos valores de creatinina plasmática, sendo encontrados valores entre 0,90 e 1,50 mg/dL em animais jovens, e de até 2,0 mg/dL em animais adultos (Gregory et al., 2004). Valores próximos a estes estão dentro de um limite considerado fisiológico, como observado no presente estudo, em que os valores médios variaram de 1,64 a 1,83 mg/dL.

A creatina é um metabólito que sofre pouca influência pelo metabolismo do triptofano, haja vista que seus precursores diretos são a glicina e arginina, além da metionina, que é um doador de grupo metil para a transformação do guanidinoacetato em creatina, no fígado (D'Mello, 2003). Assim, justifica-se em parte a ausência de efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre a concentração plasmática de creatinina no presente estudo.

Em estudo recente, Faucitano et al. (2012) avaliaram o efeito de suplementação com triptofano (3g/L) e piridoxina (10mg/L) na água de beber, para suínos em fase de terminação, por um período de 5 dias antes do abate, buscando verificar efeitos sobre os parâmetros bioquímicos do sangue, variáveis de carcaça e qualidade de carne. Os autores não observaram efeito ($P>0,05$) sobre os níveis plasmáticos de glicose e proteínas totais, bem como sobre a percentagem de hematócritos.

Foi realizada a avaliação comportamental dos animais em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h), conforme dados expressos na Tabela 15. No período diurno, os níveis crescentes de triptofano proporcionaram elevação ($P=0,007$) no comportamento de interagir, que abrange atividades de caminhar, correr, pular, explorar as instalações, morder as grades divisórias e interagir com o animal da baía vizinha. Para a variável imóvel, que remete às condições de ausência de movimentos, fosse em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando, houve efeito quadrático ($P=0,003$) em que a maior ocorrência desse comportamento (34,35%) foi observada para o nível de 0,167% de triptofano.

Para a avaliação comportamental realizada em período noturno (18h às 6h), os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,003$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir. Também houve efeito quadrático ($P=0,008$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que o menor valor (1,08%) foi obtido para o nível de 0,154% de triptofano digestível. A variável interagindo sofreu efeito ($P=0,031$) do nível suplementar de piridoxina, cujo valor médio (1,45%) para os animais suplementados foi superior à média dos animais que receberam o nível basal (0,53).

Ao avaliarem o comportamento de suínos machos castrados dos 70 aos 90 kg, submetidos a um nível basal de triptofano digestível (0,110%) e a dois níveis suplementares (0,230 e 0,430%) durante 7 dias ininterruptos, em período diurno, Li et al. (2006) observaram que os animais que receberam níveis suplementares de triptofano passaram mais tempo deitados em ócio e menos tempo comendo que os animais que receberam o nível basal. Desse modo, os autores concluíram que o nível basal, de 0,110% de triptofano digestível, foi o mais adequado para as variáveis de comportamento.

Com relação à mudança de comportamento causada pelo triptofano dietético, Pastuszewska et al. (2007) explicam que o principal efeito metabólico gerado por esse aminoácido é a síntese de serotonina, um neurotransmissor originado do triptofano, e cujos efeitos benéficos sobre o humor, a resistência à dor, a quantidade e qualidade do sono e a sensação de bem estar são evidentes, tanto em humanos quanto em suínos. Ainda assim, a síntese de serotonina depende da concentração de triptofano presente no cérebro, que é influenciado pelos níveis dietéticos e pelo período de fornecimento desse aminoácido por meio da alimentação.

Tabela 15 - Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P			
		0,130 0,155 0,180 0,205					Média	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴
		1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração								
Diurno	Dormindo	1,58 (39,73)	1,47 (37,33)	1,52 (31,34)	1,57 (37,67)	1,53 (35,45)	1,60 (35,27)	1,49 (26,71)	1,58 (33,90)	1,60 (34,59)	1,57 (31,74)	0,042	NS ⁶	NS	NS	NS
	Comendo	1,33 (24,32)	1,24 (17,81)	1,34 (21,75)	1,24 (17,47)	1,29 (19,01)	1,27 (17,81)	1,24 (15,07)	1,14 (10,79)	1,25 (16,95)	1,22 (14,27)	0,044	NS	NS	NS	NS
	Bebendo	1,12 (11,30)	0,76 (4,11)	0,87 (8,39)	1,01 (10,62)	0,94 (7,71)	0,90 (6,68)	0,97 (10,45)	0,96 (7,88)	1,02 (10,45)	0,96 (9,59)	0,097	NS	NS	NS	NS
	Interagindo ⁷	0,88 (5,48)	1,04 (9,08)	0,96 (8,73)	1,08 (11,64)	0,99 (9,82)	0,94 (11,47)	1,04 (13,01)	1,02 (11,13)	1,12 (14,73)	1,03 (12,96)	0,057	NS	NS	0,007	NS
	Imóvel ⁸	1,33 (19,18)	1,53 (31,68)	1,44 (29,79)	1,33 (22,60)	1,41 (28,03)	1,33 (28,77)	1,48 (34,76)	1,44 (36,30)	1,26 (23,29)	1,38 (31,45)	0,060	NS	NS	NS	0,003
Noturno	Dormindo ⁹	1,95 (89,00)	1,96 (89,26)	1,95 (88,82)	1,94 (86,18)	1,95 (87,50)	1,97 (92,52)	1,96 (91,29)	1,95 (89,00)	1,93 (84,86)	1,96 (86,93)	0,009	NS	NS	0,003	NS
	Comendo ¹⁰	0,51 (2,46)	0,12 (0,44)	0,20 (1,06)	0,51 (2,99)	0,33 (2,02)	0,22 (0,88)	0,22 (1,06)	0,35 (2,90)	0,56 (3,26)	0,33 (3,08)	0,103	NS	NS	NS	0,008
	Bebendo	0,27 (1,50)	0,33 (1,50)	0,41 (1,94)	0,52 (2,82)	0,38 (2,38)	0,18 (0,79)	0,22 (1,06)	0,41 (1,85)	0,30 (1,23)	0,28 (1,54)	0,086	NS	NS	NS	NS
	Interagindo ¹¹	0,23 (0,97)	0,09 (0,53)	0,12 (0,44)	0,17 (0,62)	0,15 ^B (0,53)	0,29 (1,41)	0,19 (0,70)	0,25 (1,23)	0,36 (1,67)	0,27 ^A (1,45)	0,078	0,031	NS	NS	NS
	Imóvel	0,81 (6,07)	0,96 (8,27)	0,92 (7,75)	0,85 (7,39)	0,88 (7,57)	0,62 (4,40)	0,76 (5,90)	0,72 (5,02)	0,93 (8,98)	0,76 (7,00)	0,083	NS	NS	NS	NS

¹ Dados transformados para log (X+1) e, entre parênteses, frequência em porcentagem (%). Dormindo= deitado em repouso evidente; Comendo= em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro; Bebendo= em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta; Interagindo= caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baía vizinha; Imóvel= em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando.² Efeito da piridoxina.³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear do triptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ $Y = 1,94007 + 52,0548X$ ($R^2=0,72$). ⁸ $Y = -180,62499 + 2579,79443X - 7739,72575X^2$ ($R^2=0,99$). ⁹ $Y = 100,30634 - 68,30986X$ ($R^2=0,87$). ¹⁰ $Y = 20,70554 - 254,84147X + 827,4645X^2$ ($R^2=0,91$). ¹¹ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F.

Em relação às características de carcaça (Tabela 16), observou-se efeito ($P < 0,05$) do nível suplementar de piridoxina sobre o rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), peso de pernil (PP) e rendimento de pernil (RP). As demais variáveis não sofreram efeito ($P > 0,05$) dos níveis suplementares de piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível, bem como da interação entre piridoxina e triptofano digestível.

Ainda assim, embora a suplementação de piridoxina (5mg/kg) tenha apresentado efeito positivo sobre o RCQ e o RCF, resultou em efeito negativo sobre o PP e o RP, não permitindo concluir, com base nas médias obtidas, que há um efeito positivo geral em sua administração acima da recomendação nutricional.

Com relação às demais variáveis obtidas, embora não tenham sido significativas ($P > 0,05$), estão de acordo com valores encontrados por outros pesquisadores, a exemplo de Haese et al. (2006) e Pereira et al. (2008), que não obtiveram efeito de níveis de triptofano digestível sobre a ET, PLe RCM em suínos, machos castrados, na fase de terminação.

As variáveis de peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos (Tabela 17) foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados. Do mesmo modo, não houve interação entre os tratamentos, quais sejam a piridoxina e os níveis de triptofano digestível.

De acordo com Nelson & Cox (2011), pelo fato do triptofano ser um aminoácido glicogênico ou cetogênico, pode influenciar positivamente a síntese de gordura no organismo, se estiver em excesso. Entretanto, no presente trabalho esse efeito não foi observado, uma vez que não houve elevação nos pesos de gordura abdominal e nem redução nos pesos de fígado, em função da elevação nos níveis de triptofano digestível nas rações.

As características qualitativas do *longissimus dorsi* são apresentadas na Tabela 18. De modo geral, houve efeito ($P < 0,05$) do nível suplementar de piridoxina sobre o pH mensurado 24hs após o abate (pH 24h), perda por gotejamento (PGOT) e perda de líquido por cocção (PLC). Além disso, houve efeito linear ($P < 0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre o grau de luminosidade da carne (Minolta L*) e efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a força de cisalhamento (FC). As demais variáveis não sofreram efeito ($P > 0,05$) dos níveis suplementares de piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível, bem como da interação entre piridoxina e triptofano digestível.

Tabela 16 - Características quantitativas de carcaça de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>					
	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração										
QJ, %	4,66	4,40	4,47	4,02	4,39	4,41	4,33	4,93	4,09	4,44	0,179	NS ⁶	NS	NS	NS		
PCQ, kg	78,33	77,04	81,45	81,01	79,46	80,43	80,08	82,24	78,75	80,37	0,600	NS	NS	NS	NS		
RCQ, % ⁹	80,96	81,97	81,97	81,85	81,69 ^B	82,18	82,81	82,79	82,64	82,61 ^A	0,204	0,016	NS	NS	NS		
PCF, kg	76,01	74,75	78,91	78,79	77,12	78,01	77,78	80,07	76,67	78,13	0,611	NS	NS	NS	NS		
RCF, % ⁷	74,88	76,01	75,86	76,38	75,78 ^B	76,17	76,92	76,63	77,16	76,72 ^A	0,221	0,027	NS	NS	NS		
QR, %	2,99	2,97	3,13	2,77	2,96	3,03	2,89	2,64	2,64	2,80	0,093	NS	NS	NS	NS		
PP, kg ⁹	11,71	11,52	12,01	12,13	11,84 ^A	11,39	11,43	11,72	10,97	11,38 ^B	0,413	0,052	NS	NS	NS		
RP, % ⁹	30,93	30,93	30,54	30,90	30,83 ^A	29,19	29,38	29,30	28,64	29,13 ^B	0,407	0,013	NS	NS	NS		
CC, cm	92,94	90,98	93,88	92,76	92,64	93,54	92,69	92,50	93,13	92,96	0,385	NS	NS	NS	NS		
PL1, cm	5,77	5,46	5,89	6,01	5,78	5,82	5,86	5,82	5,74	5,81	0,064	NS	NS	NS	NS		
ET1, cm	2,35	2,28	2,36	2,19	2,30	2,31	2,32	2,18	2,26	2,27	0,044	NS	NS	NS	NS		
RCM1, %	57,34	55,90	58,15	57,47	57,21	57,20	58,56	57,20	57,69	57,66	0,028	NS	NS	NS	NS		
PL2, cm	4,92	5,11	6,11	5,20	5,33	4,92	4,92	5,09	5,48	5,10	1,751	NS	NS	NS	NS		
ET2, cm	1,75	1,81	1,91	1,91	1,84	1,64	1,71	1,45	1,59	1,60	0,640	NS	NS	NS	NS		
RCM2, %	53,23	53,20	54,34	52,56	53,33	53,49	54,03	55,43	55,19	54,53	0,497	NS	NS	NS	NS		

¹ QJ= Quebra pelo jejum; PCQ= Peso de carcaça quente; RCQ= Rendimento de carcaça quente; PCF= Peso de carcaça fria; RCF= Rendimento de carcaça fria; QR= Quebra de rendimento; PP= Peso do pernil; RP= Rendimento do pernil; CC= Comprimento da carcaça; PL1= Profundidade de lombo mensurada com paquímetro; ET1= Espessura de toucinho mensurada com paquímetro; RCM1= Rendimento de carne magra (Equação de IRGANG, 1998); PL2= Profundidade de lombo mensurada com sistema óptico Hennessy; ET2= Espessura de toucinho mensurada com sistema óptico Hennessy; RCM2= Rendimento de carne magra mensurada com sistema óptico Hennessy. ² Efeito da piridoxina. ³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear dotriptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F.

Tabela 17 - Peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos de suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>					
	1 mg piridoxina / kg de ração					Média	5 mg piridoxina / kg de ração					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	0,130	0,155	0,180	0,205			0,130	0,155	0,180	0,205							
GORD, kg	1,195	1,129	1,142	1,054	1,130	1,065	0,865	1,222	1,048	1,050	0,037	NS ⁶	NS	NS	NS		
COR, kg	0,420	0,382	0,430	0,395	0,407	0,387	0,393	0,394	0,393	0,392	0,006	NS	NS	NS	NS		
BAÇO, kg	0,152	0,159	0,151	0,168	0,157	0,166	0,160	0,156	0,168	0,163	0,004	NS	NS	NS	NS		
FÍG, kg	1,472	1,463	1,522	1,431	1,472	1,571	1,422	1,548	1,414	1,489	0,025	NS	NS	NS	NS		
RINS, kg	0,339	0,341	0,371	0,337	0,347	0,351	0,349	0,360	0,325	0,346	0,006	NS	NS	NS	NS		
PR-GORD, %	1,568	1,500	1,438	1,338	1,461	1,361	1,109	1,525	1,360	1,339	0,044	NS	NS	NS	NS		
PR-COR, %	0,434	0,407	0,433	0,399	0,418	0,396	0,407	0,397	0,413	0,403	0,006	NS	NS	NS	NS		
PR-BAÇO, %	0,158	0,169	0,154	0,170	0,163	0,169	0,166	0,158	0,177	0,167	0,005	NS	NS	NS	NS		
PR-FÍG, %	1,525	1,557	1,532	1,449	1,516	1,608	1,474	1,560	1,482	1,531	0,026	NS	NS	NS	NS		
PR-RINS, %	0,349	0,362	0,375	0,341	0,357	0,359	0,361	0,362	0,341	0,356	0,005	NS	NS	NS	NS		

¹- GORD= Peso absoluto de gordura abdominal; COR= Peso absoluto do coração; BAÇO= Peso absoluto do baço; FÍG= Peso absoluto do fígado; RINS= Peso absoluto dos rins; PR-GORD= Peso relativo de gordura abdominal; PR-COR= Peso relativo do coração; PR-BAÇO= Peso relativo do baço; PR-FÍG= Peso relativo do fígado; PR-RINS= Peso relativo dos rins. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear do triptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶- Não-significativo.

Tabela 18 - Características qualitativas do *longissimus dorsi* em suínos, machos castrados, dos 70 aos 100 kg, alimentados com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P				
	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	0,130 0,155 0,180 0,205					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵
	1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração									
pH 45 min.	6,21	6,24	6,08	6,22	6,19	6,24	6,19	6,39	6,00	6,21	0,049	NS ⁶	NS	NS	NS	
pH 24 h ⁷	5,77	5,76	5,65	5,71	5,72 ^A	5,52	5,57	5,56	5,70	5,59 ^B	0,035	0,021	NS	NS	NS	
PGOT, % ⁷	4,12	3,56	3,38	4,20	3,82 ^B	4,49	5,27	4,35	5,28	4,84 ^A	0,293	0,042	NS	NS	NS	
Minolta L* ⁸	51,51	54,63	55,09	56,15	54,34	54,05	53,63	54,53	55,35	54,39	0,432	NS	NS	0,008	NS	
Minolta a*	6,94	6,76	6,83	7,60	7,03	7,37	8,07	7,31	7,01	7,44	0,163	NS	NS	NS	NS	
Minolta b*	4,69	4,92	5,10	5,63	5,09	5,17	5,33	5,39	5,29	5,30	0,136	NS	NS	NS	NS	
COR	2,19	1,94	1,88	1,88	1,97	2,00	2,25	1,75	1,75	1,94	0,061	NS	NS	NS	NS	
MARM	1,88	1,88	1,88	1,69	1,83	2,31	1,94	2,31	1,50	2,02	0,093	NS	NS	NS	NS	
CONS	2,31	2,25	2,06	2,06	2,17	2,25	2,19	2,00	1,88	2,08	0,064	NS	NS	NS	NS	
PSE, % ⁹	0,00	0,00	12,50	0,00	3,13	0,00	12,50	12,50	0,00	6,25	0,028	-	-	-	-	
PLD, %	9,37	7,77	8,71	9,49	8,84	9,36	10,57	8,61	10,74	9,82	0,304	NS	NS	NS	NS	
PLC, % ⁷	28,01	29,37	32,30	26,20	28,97 ^B	28,41	34,78	32,59	30,34	31,53 ^A	0,660	0,024	NS	NS	NS	
FC, Kgf/seg ¹⁰	3,01	3,15	3,34	2,65	3,04	2,78	3,37	2,86	2,81	2,96	0,073	NS	NS	NS	0,009	

¹ pH 45 min= potencial hidrogeniônico 45 minutos após o abate; pH 24 h= potencial hidrogeniônico 24 horas após o abate; PGOT= Perda de água por gotejamento; Minolta L*= indica o grau de luminosidade da carne (L* = 0 carne escura, L = 100 carne branca); Minolta a*= indica a coloração da carne, variando do vermelho ao verde (alto indica cor vermelha, baixo indica cor verde); Minolta b*= indica a coloração da carne, variando do amarelo ao azul (b* alto indica cor mais amarela, b* baixo indica cor mais azul); COR= escore subjetivo de coloração (método americano); MARM= escore subjetivo de marmoreio (método americano); CONS= escore subjetivo de consistência (método americano); PSE= cor clara, textura macia e baixa retenção de água, mensurada com sistema óptico Hennessy; PLD= perda de líquido por descongelamento; PLC= perda de líquido por cocção; FC= Força de cisalhamento. ² Efeito da piridoxina. ³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear do triptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ⁸ Efeito linear do triptofano digestível, $Y = 47,9452 + 38,3371X$ ($R^2=0,98$). ⁹ Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância, para dados transformados em $y = \arcsin \sqrt{X/N}$. ¹⁰ Efeito quadrático do triptofano digestível, $Y = -4,53643 + 95,3579X - 292,642X^2$ ($R^2=0,97$).

Desse modo, animais submetidos a níveis deficientes ou excessivos de triptofano, em teoria, poderiam apresentar diferentes taxas glicêmicas. Ainda assim, no presente trabalho esse efeito não foi observado, possivelmente devido ao fato do menor nível de triptofano digestível avaliado (0,130%) não representar um nível deficiente. De modo similar ao presente estudo, Bisinoto et al. (2006) avaliaram níveis de Trp total (0,260 a 0,350%) para suínos machos castrados (6 - 20 kg) e não obtiveram diferença ($P>0,05$) para os níveis plasmáticos de ureia, que oscilaram entre 13,27 e 15,99 mg/dL.

Embora a suplementação de piridoxina (5mg/kg) tenha apresentado efeito positivo sobre o pH 24h, que não apresentou queda acentuada quando comparado ao valor médio do tratamento que não foi suplementado com piridoxina, houve aumento nas variáveis de PGOT e PLC, o que implica afirmar que a suplementação de piridoxina resultou em elevação nas perdas de água do músculo *longissimus dorsi*.

Ainda assim, Kendall et al. (2007) avaliaram níveis de 0,06 a 0,160% de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 90 aos 125kg e não obtiveram efeito ($P>0,05$) sobre as variáveis de PGOT e PLC, bem como sobre os valores de Minolta L*.

A luminosidade (Minolta L*) do músculo *longissimus dorsii* aumentou ($P=0,008$) em função dos níveis dietéticos de triptofano digestível. Além disso, houve efeito quadrático ($P=0,009$) dos níveis de triptofano digestível sobre a força de cisalhamento do músculo *longissimus dorsi*, em que o maior valor (3,23 kgf/seg) foi obtido para o nível de 0,163% de triptofano digestível.

Embora a força de cisalhamento represente, indiretamente, o grau de maciez da carne, no caso do presente trabalho qualquer um dos valores obtidos está numa faixa de maciez extrema, inclusive o valor máximo, de 3,23 kgf/seg. De acordo com Lyon e Lyon (1991), o *longissimus dorsi*, no suíno, pode ser classificado da mesma forma que o *Pectoralis major*, no frango. Assim, os autores ranquearam essas amostras em extremamente macias (<3,62 kgf/seg), moderadamente macias (3,62 a 6,61 kgf/seg), ligeiramente duras (6,62 a 9,60 kgf/seg), moderadamente duras (9,61 a 12,60 kgf/seg) e extremamente duras (>12,60 kgf/seg).

De modo geral, o nível de 0,130% de triptofano digestível atendeu às exigências dos suínos, machos castrados, dos 70 aos 100kg, sendo inferior ao proposto por Rostagno et al. (2011), de 0,149%; para a mesma fase e sexo. No entanto, o nível recomendado pelo NRC (2012), para suínos machos castrados, dos 75 aos 100kg, é de 0,120%. Além disso, a

suplementação com piridoxina não apresentou resultados consistentes, que pudessem conduzir a uma conclusão acerca de sua necessidade para os animais.

Assim, a exigência diária de triptofano digestível foi de 4,07 g/dia, assegurando uma relação triptofano:lisina digestível de 0,157; sendo inferior à exigência diária proposta por Rostagno et al. (2011), de 4,37 g/dia, para a mesma fase e sexo, cuja relação triptofano:lisina digestível recomendada é de 0,180. A exigência diária proposta pelo NRC (2012) é de 3,20 g/dia, para suínos machos castrados dos 75 aos 100kg, resultando numa relação triptofano:lisina digestível de 0,174.

Conclusões

O nível dietético de triptofano digestível para suínos machos castrados, dos 70 aos 100 kg, é de no máximo 0,130%, o que corresponde a 4,07g/dia, e não se altera em função da piridoxina.

Referências

- BISINOTO, K.S.; BERTO, D.A.; CALDARA, F.R.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S. Exigências de triptofano para leitões (6 kg a 11 kg) com base no conceito da proteína ideal. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.28, p.197-202, 2006.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midigraf, 120p. 2009.
- BURGOON, K.G.; KNABE, D.A.; GREGG, E.J. Digestible tryptophan requirements of starting, growing, and finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, v.70, p.2493-2500, 1992.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. CABI Publishing, United Kingdom: Edinburgh, 2 Ed., 515p. 2003.
- DUTRA JR, W.M.; FERREIRA, A.S.; TAROUÇO, J.U. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1243-1250, 2001.
- EDER, K.; NONN, H.; KLUGE, H. et al. Tryptophan requirement of growing pigs at various body weights. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.336-346, 2003.
- FAUCITANO, L.; TORREY, S.; BERGERON, R.; DEL CASTILLO, J.R.E.; MATTE, J.J. Effects of water supplementation with tryptophan and vitamin B6 or feeding hydrogenated

- fat on reducing hunger-induced drinking pre-slaughter in pigs. **Can. J. Anim. Sci.**, v.92, p.319-326, 2012.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. Growth carcass traits and plasma amino acid concentration of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine and valine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1529-1537, 2003.
- FREMAUT, D.; SCHRIJVER, D.R. Tryptophan supplementation of diets for growing-finishing pigs. **Revue de l'Agriculture**, v.43, p.761-768, 1990.
- FULLER, M.F. Present knowledge of amino acid requirements for maintenance and production. In: EGGUM, B.O.; BOISEN, S.; BORSTING, C. et al. (Eds.) **Protein metabolism and nutrition**. Herning: 1991. p.116. (EAAP Publication, 59).
- GREGORY L.; BIERGEL JUNIOR, E.H.; D'ANGELINO, J.L. et al. Valores de referência dos teores séricos da ureia e creatinina em bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da leucose dos bovinos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, n.3, p.339-345, 2004.
- GUZIK, A.C.; MATTHEWS, J.O.; KERR, B.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2251-2259, 2006.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- GUZIK, A.M. **Tryptophan requirements and the effects of supplemental tryptophan on growth performance, plasma metabolites, and meat quality in nursery, growing, and finishing pigs.**(Master Degree). Louisiana State University, 2002.
- HAESE, D., DONZELE, J.L., OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HENRY, Y., SÈVE, B., COLLEAUX, Y., GANIER, P., SALIGAUT, C., JE'GO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **J. Anim. Sci.** v.70, p.1873- 1887, 1992.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, triptófano and treonina. **Pig News and Information** (14-1) 35N-43N, 1993.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2700-2710, 1996.
- IRGANG, R.; GUIDONI, A.L.; BERLITZ, D.; CORSO, C. Medidas de espessura de toucinho e de profundidade de músculo para estimar rendimento de carne em carcaças de suínos. **R. Bras. Zootec.**, v.27, p.928-935, 1998.

- KENDALL, D.C.; GAINES, A.M.; KERR, B.J.; ALLEE, G.L. True ileal digestible tryptophan to lysine ratios in ninety- to one hundred twenty-five-kilogram barrows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3004 - 3012, 2007.
- LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E.; SÈVE, B. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids**, Springer, 2010, 11p.
- LE FLOC'H, N.; SÈVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. **Livest. Sci.**, v.112, 23–32, 2007.
- LI, Y.Z.; KERR, B.J.; KIDD, M.T.; GONYOU, H.W. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.212-220, 2006.
- LYON, B.G.; LYON, C.E. Research note: shear value ranges by instron warner-bratzler and single-blade allo-kramer devices that correspond to sensory tenderness. **Poultry Science**, v.70, p.188-191, 1991.
- MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. New York: Cambridge University Press, 1986.
- MATTE, J.J.; LE FLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.170, p.256-264, 2011.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MORENO, A.M.; SOBESTYANKY, J.; LOPEZ, A.C. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 41), 1997, 30p.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL - NPPC. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: NPPC, 1991. 16p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 11 ed. Washington DC: National Academic Press, 2012. 400p.
- NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. São Paulo: SARVIER, 5Ed., 2011, 1274p.
- PAIANO, D.; BARBOSA, O.R.; MOREIRA, I. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Science Animal Science**. v.29, p.345-351, 2007.
- PASTUSZEWSKA, B.; TOMASZEWSKA-ZAREMBA, D.; BURACZEWSKA, L. et al. Effects of supplementing pig diets with tryptophan and acidifier on protein digestion and deposition, and on brain serotonin concentration in young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.49-65, 2007.

- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; SILVA, F.C.O.; MARTINS, M.S. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.11, p.1984-1989, 2008.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa:UFV, 2007, 599p.
- ROSSONI, M.C.; DONZELE, J. L.; SILVA, F.C.O.; OLIVEIRA, R.F.M.; KILL, J.L. Avaliação de diferentes relações triptofano:lisina digestíveis em rações para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS. Goiás, **Anais...** Goiânia, 2003, p.35-54.
- 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, MG: UFV, 2011.252p.
- THRALL, M.A.; WEISER, M.G. **Hematologia**. In: HENDRIX, C.M. Procedimentos laboratoriais para técnicos veterinários. Roca: São Paulo, p. 31-78, 4 ed., 2006.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS.SAS **User's Guide: Estatistics**.Eletronic version 8.1. Cary: 2001 (CD-ROM).
- XIE, C.Y.; ZHANG, G.J.; ZHANG, F.R.; ZHANG, S.H.; ZENG, X.F.; THACKER, P.A.; QIAO, S.Y. Estimation of the optimal ratio of standardized ileal digestible tryptophan to lysine for finishing barrows fed low protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Czech J. Anim. Sci.**, v.59, p.26-34, 2014.

VI – Níveis de triptofano e piridoxina em dietas com redução de proteína bruta para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg⁴

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo avaliar níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, comportamento e características de carcaça de fêmeas suínas, em fase de terminação. Foram utilizadas 64 fêmeas suínas, mestiças, com peso médio inicial de $70,52 \pm 2,95$ kg; distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,140; 0,167; 0,194 e 0,221%), com oito repetições e um animal por unidade experimental. A análise de comportamento realizada no período diurno revelou efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir. O comportamento de comer foi influenciado negativamente ($P=0,003$) pelo nível suplementar de piridoxina e houve interação ($P=0,001$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu a frequência do comportamento de comer até o nível de 0,194% de triptofano. Para a avaliação comportamental realizada em período noturno, houve interação ($P=0,03$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para o comportamento de dormir, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu de forma mais acentuada a frequência de dormir, ao longo dos níveis de triptofano avaliados, quando comparado com o nível basal de piridoxina, de 1 mg/kg. Os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir. Houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer. A suplementação com piridoxina influenciou ($P<0,05$) de forma crescente o peso relativo de coração, mas de forma decrescente a ureia plasmática, o pH₂₄ e a perda de líquido por cocção. Houve efeito linear crescente dos níveis de triptofano sobre o rendimento de carne magra mensurado com sistema Hennessy ($P=0,007$); e decrescente sobre o grau de luminosidade da carne (Minolta L*) ($P=0,061$). Foram obtidas respostas quadráticas dos níveis de triptofano sobre a glicose plasmática ($P=0,017$) e sobre o grau de coloração da carne, do amarelo ao azul (Minolta b*), ($P=0,066$). Houve efeito quadrático dos níveis de triptofano sobre a força de cisalhamento do músculo *L.dorsi* ($P=0,006$). Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg, que é inferior a 0,140% ou 3,53 g/dia.

Palavras-chave: aminoácido aromático, abate de suínos, características de carcaça

⁴ Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Ciência e Agrotecnologia* (ISSN: 1413-7054).

VI - Tryptophan and pyridoxine levels in low crude protein diets for gilts (70-100kg)

ABSTRACT - This study aimed to evaluate levels of digestible tryptophan and pyridoxine on performance, blood parameters, behavior and carcass characteristics of gilts in the finishing phase. Sixty four crossbred gilts with average initial weight of 70.52 ± 2.95 kg were distributed in a randomized complete block design in a 2 X 4 factorial design, with two levels of pyridoxine (1 and 5 mg / kg) and four levels of digestible tryptophan (0.140, 0.167, 0.194 and 0.221%), with eight replications and one animal per experimental unit. The behavior analysis performed during daytime showed a quadratic effect ($P=0.001$) of tryptophan levels on sleeping behavior. The eating behavior was negatively influenced ($P=0.003$) by the additional level of pyridoxine and there was an interaction ($P=0.001$) between the levels of pyridoxine and tryptophan for the same variable, where the additional level of pyridoxine (5 mg/kg) reduced the frequency of eating behavior up to the level of 0.194% tryptophan. For behavioral evaluation in nighttime there was an interaction ($P=0.03$) between the levels of pyridoxine and tryptophan for sleeping behavior, where the additional level of pyridoxine (5 mg/kg) decreased more sharply the frequency of sleep over the levels of tryptophan compared to the baseline level of pyridoxine (1 mg/kg). Increasing levels of tryptophan influenced ($P=0.001$) linearly decreasing the sleeping behavior. Also there was a quadratic effect ($P=0.001$) of tryptophan levels on eating behavior. The pyridoxine supplementation increased ($P<0.05$) the relative weight of heart but decreased the plasma urea, the pH measured 24 h after slaughter and the liquid loss by boiling. There was increasing linear effect ($P=0.007$) of tryptophan levels on lean yield measured by Hennessy optical system; and decreasing linear effect ($P=0.061$) on meat lightness (Minolta L *). Quadratic effects of tryptophan levels were obtained on plasma glucose ($P=0.017$) and on degree of coloration ($P=0.066$) from yellow to blue (Minolta b*). There was a quadratic effect of tryptophan levels on the average shear force (SF) of *L. dorsi* ($P=0.006$). Pyridoxine levels did not affect digestible tryptophan requirement for sows, from 70 to 100kg, which is less than 0.140% or 3.53 g/day.

Keywords: aromatic amino acid, swine slaughter, carcass traits

Introdução

A suplementação de aminoácidos às rações com baixos níveis de proteína, para suínos, tem, entre outros, o propósito de reduzir os excessos de aminoácidos que ocorrem em dietas práticas, sem reduzir o desempenho produtivo dos animais.

O melhor conhecimento das exigências nutricionais dos aminoácidos individuais permite uma nutrição mais precisa, oferecendo a possibilidade para o formulador de substituir parcialmente o requerimento do nível mínimo proteico por níveis mínimos de aminoácidos, gerando redução dos custos e da emissão de poluentes no ambiente (De la Llata et al., 2002).

A lisina, convencionalmente, é o primeiro aminoácido limitante em dietas práticas para suínos. A metionina e a treonina são, normalmente, o segundo e o terceiro aminoácidos limitantes, mas podem ocupar a posição de primeiro e segundo limitantes, respectivamente, quando a ração for suplementada com lisina sintética (Ribeiro et al., 2006). Ainda assim, nos últimos anos, houve grande interesse em pesquisas com triptofano em dietas para suínos em crescimento e terminação, mas existe uma grande variação entre os valores ótimos de triptofano, em rações para suínos, encontrados na literatura (Susenbeth & Lucanus, 2005).

O triptofano faz parte de inúmeras cadeias peptídicas que perfazem elementos essenciais ao organismo. Além de ser um aminoácido essencial, o triptofano é, por exemplo, um precursor para a síntese dos neuro-hormônios serotonina e melatonina, ambos envolvidos no comportamento, humor, sono e regulação do consumo de alimento. Os níveis baixos de serotonina podem estar associados ao consumo reduzido de alimentos (Guzik et al., 2006).

Neste sentido, de um ponto de vista teórico, a máxima resposta no ganho de peso pode ser alcançada num consumo de triptofano acima do necessário para uma máxima eficiência alimentar ou utilização de proteína, quando se assume uma relação não linear de dose-resposta (Susenbeth & Lucanus, 2005).

Entretanto, metabolicamente, para que o triptofano seja utilizado de forma eficiente para a geração de compostos importantes ao bom funcionamento do organismo, a piridoxina é empregada como cofator enzimático em diversos passos metabólicos, como na síntese de serotonina, melatonina, quinurenina, ácido quinurênico, ácido xanturênico, niacina e ácido quinolínico (Le Floch et al., 2010).

Ainda assim, existem poucos trabalhos publicados acerca do assunto, em que ambos os nutrientes foram avaliados simultaneamente, para suínos. Como as fêmeas são mais sensíveis do que machos castrados à falta de triptofano (Henry et al., 1996), numa escassez advinda de

um desequilíbrio com aminoácidos neutros de cadeia longa (valina, isoleucina, leucina, fenilalanina e tirosina), cogita-se a possibilidade de haver uma potencialização do uso desse aminoácido aromático quando suplementado conjuntamente com a piridoxina.

Tendo em vista a escassez de informações acerca de dietas com baixa proteína e altos níveis de triptofano, bem como de dietas com níveis de triptofano e piridoxina suplementar para suínos em terminação, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, comportamento, características quantitativas e qualitativas de carcaça de fêmeas suínas, dos 70 aos 100kg.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná (23°21'S, 52°04'W e altitude de 564m), no período de junho a dezembro de 2013. Todos os procedimentos experimentais foram previamente submetidos à apreciação do Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação (CEUA/UEM), tendo sido aprovados para execução (Parecer nº 036/2013).

Foram utilizadas 64 fêmeas suínas mestiças (Topigs 20 x Tybor) com peso médio inicial de $70,52 \pm 2,95$ kg. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, dividido em duas alas, sendo cada uma composta por 20 baias (3,80 m² cada), separadas por um corredor central. Cada baia possuía bebedouros tipo chupeta e comedouro semiautomático, proporcionando livre acesso à ração e à água, fornecidas à vontade, durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos, com base no peso inicial, em um delineamento experimental de blocos casualizados no tempo, num esquema fatorial 2 X 4, sendo dois níveis de piridoxina (1 e 5 mg/kg) e quatro níveis de triptofano digestível (0,140; 0,167; 0,194 e 0,221%), com oito repetições e um animal por unidade experimental.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aditivos (Tabela 19), para atenderem às exigências recomendadas por Rostagno et al. (2011), para fêmeas suínas, de alto potencial genético e desempenho superior, na fase de terminação (70-100 kg), exceto para o nível de proteína bruta, que foi reduzido de 16,20 para 15,10%; e de triptofano digestível, que variou de 0,140 a 0,221%.

Tabela 19 -Composição centesimal, química e energética das rações experimentais contendo diferentes níveis de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100kg.

Ingredientes (%)	Níveis de triptofano digestível (%)			
	0,140	0,167	0,194	0,221
Milho	78,52	78,52	78,52	78,52
Farelo de soja	17,64	17,64	17,64	17,64
Calcário	1,16	1,16	1,16	1,16
Fosfato bicálcico	1,02	1,02	1,02	1,02
Sal comum	0,04	0,04	0,04	0,04
Bicarbonato desódio	0,46	0,46	0,46	0,46
L-lisina HCl	0,365	0,365	0,365	0,365
DL-metionina	0,098	0,098	0,098	0,098
L-treonina	0,141	0,141	0,141	0,141
L-triptofano	0,002	0,029	0,056	0,084
L-valina	0,013	0,013	0,013	0,013
Ácido glutâmico	0,135	0,090	0,045	0,000
Antioxidante ²	0,010	0,010	0,010	0,010
Promotor de crescimento ³	0,020	0,020	0,020	0,020
Vitaminas ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050
Minerais ⁴	0,250	0,250	0,250	0,250
Inerte ¹	0,080	0,098	0,116	0,134
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%)	15,10	15,10	15,10	15,10
Cálcio (%)	0,757	0,757	0,757	0,757
Fósforo disponível (%)	0,276	0,276	0,276	0,276
Sódio (%)	0,160	0,160	0,160	0,160
Potássio (%)	0,601	0,601	0,601	0,601
Cloro (%)	0,150	0,150	0,150	0,150
Lisina digestível (%)	0,892	0,892	0,892	0,892
Met+Cis digestível (%)	0,535	0,535	0,535	0,535
Treonina digestível (%)	0,598	0,598	0,598	0,598
Triptofano digestível (%)	0,140	0,167	0,194	0,221
Arginina digestível (%)	0,841	0,841	0,841	0,841
Valina digestível (%)	0,615	0,615	0,615	0,615
Leucina digestível (%)	1,230	1,230	1,230	1,230
Isoleucina digestível (%)	0,516	0,516	0,516	0,516
Fen + Tir digestível (%)	1,094	1,094	1,094	1,094
Relação Trp : ANCL ⁶ (%)	3,704	4,418	5,132	5,847
Relação Trp : Lis digestíveis (%)	15,70	18,72	21,75	24,78
BED (mEq/kg) ⁷	180,96	180,96	180,96	180,96

¹Areia fina lavada. ²BHT. ³Fosfato de tilosina. ⁴Conteúdo/kg: ferro - 15 g; cobre - 2.400 mg; cobalto - 27 mg; manganês - 10,40 mg; zinco - 20 g; iodo - 165 mg; selênio - 60 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁵Conteúdo/kg: vit. A - 10.000.000 U.I.; vit D₃ - 1.500.000 U.I.; vit. E - 30.000 U.I.; vit B₁ - 392 mg; vit B₂ - 853 mg; vit. B₆ - 396 mg; vit B₁₂ - 5.333 mcg; ácido nicotínico - 6.533 mg; ácido pantotênico - 3.166 mg; vit. K₃ - 485 mg; ácido fólico - 106 mg; biotina - 26 mg e veículo q.s.p. p/ 1000 g/kg. ⁶Aminoácidos neutros de cadeia longa (valina, leucina, isoleucina e fen+tir). ⁷Balanco eletrolítico da dieta.

Para atender os níveis de 0,167; 0,194 e 0,221% de triptofano digestível, o L-triptofano foi adicionado na ração basal às custas do ácido glutâmico, que foi utilizado nas rações para que estas apresentassem o mesmo nível de nitrogênio. Para atender o nível de 1 mg/kg de piridoxina, foi utilizado premix vitamínico, conforme a recomendação do fabricante e, para o nível de 5 mg/kg, foi adicionada a vitamina B6 sintética (Piridoxina 99%), às custas do inerte.

O bicarbonato de sódio foi utilizado nas rações para garantir que as mesmas possuíssem os mesmos balanços eletrolíticos das dietas (BED), que foi calculado com base nos níveis de Na, K e Cl dos alimentos e dos aminoácidos utilizados, conforme proposto por Mongin (1981).

Os animais foram pesados no início e ao final do experimento, para determinação do ganho de peso diário (GPD). As rações foram pesadas todas as vezes que fornecidas aos animais e as sobras pesadas para determinação do consumo diário de ração (CDR) e a conversão alimentar (CA).

A temperatura e umidade do ar foram monitoradas com auxílio de um Data Logger (Hobbo U10[®]), instalado no centro do galpão experimental, a 1,5m do solo, onde eram coletados os dados climáticos a cada 30 minutos, durante todo o período experimental.

Foram realizadas avaliações de comportamento animal, de forma direta, com determinação instantânea, por meio de registro com auxílio de câmeras de vídeo, utilizando um intervalo amostral de 10 minutos, conforme metodologia descrita por Martin e Bateson (1986), durante 24 horas, em três dias diferentes, com intervalo de aproximadamente 7 dias, no decorrer da fase de criação dos suínos (70 aos 100 kg), que totalizou 432 observações por animal (27.648 observações totais). Durante o período noturno, as filmagens foram feitas com as lâmpadas de luz ambiente ligadas.

Os parâmetros comportamentais dos suínos foram agrupados em: Dormindo (deitado em repouso evidente); Comendo (em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro); Bebendo (em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta); Interagindo (caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baia vizinha); Imóvel (em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando), conforme metodologia adaptada de Paiano et al. (2007).

Quando os animais apresentaram aproximadamente 100 kg, foram realizadas as avaliações das características de carcaça, que consistiram na determinação da espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), utilizando um conjunto de equipamentos

constituídos de uma ecocâmara (Aloka® SSD-500 Vet) acoplada a uma probe de 14,5 cm e 3,5 MHz. As medidas foram realizadas na região P2, entre a última e a penúltima costela torácica, a 6 cm da linha média, sendo a região previamente depilada no sentido crânio-caudal e dorso-ventral, conforme descrito por Dutra Júnior et al. (2001), tomando-se duas imagens da região.

Ao término do experimento, os animais também foram submetidos a um jejum de 6 horas, para a coleta de sangue. As amostras de sangue foram colhidas através da veia jugular (Cai et al., 1994) e transferidas para tubos contendo EDTA (análises de ureia, proteínas totais, creatinina e triglicerídeos) ou fluoreto (análise de glicose), sendo posteriormente centrifugadas (3.000 rpm), por 15 minutos, para separação do plasma (Moreno et al., 1997). Em seguida, 3 mL de plasma foram transferidos para tubos tipo “eppendorfs” devidamente identificados e armazenados em congelador (-18°C), para análises posteriores.

As análises de glicose, ureia, proteínas totais, creatinina e triglicerídeos foram realizadas pelo método colorimétrico, por meio de kits comerciais, seguindo os procedimentos operacionais padrões (POP) descritos nos mesmos. Adicionalmente, foram utilizados tubos contendo EDTA para a colheita de sangue, que foi utilizado para determinar a porcentagem de hematócritos, utilizando microcapilares submetidos à centrifugação do sangue (10.000 rpm, por cinco minutos).

Ao término do período experimental, os suínos foram mantidos em jejum alimentar, por um período médio de 24 horas, para posteriormente serem abatidos, no Abatedouro da Fazenda Experimental de Iguatemi-FEI/UEM. Os suínos foram previamente submetidos à insensibilização elétrica (200 watts) e abatidos por exsanguinação, sendo posteriormente depilados e eviscerados. As carcaças foram resfriadas (1-2°C) por 24h para, posteriormente, serem submetidas à avaliação quantitativa, conforme o Método Brasileiro de Classificação de Carcaça Suína MBCCS (Bridi e Silva, 2009) e o método americano (NPPC, 1991).

O pH do músculo *longissimus dorsi* foi mensurado na carcaça quente, 45 min após o abate (pH45) e na carcaça resfriada, mantida na câmara fria (1-2°C) por 24h (pH24), utilizando um medidor de pH portátil digital HI 99163 (Hanna Instruments), seguindo as recomendações de Bridi & Silva (2009). No abate, foram pesados o coração, baço, fígado e rins, para obtenção do peso absoluto e relativo dos órgãos, calculado com base no peso da carcaça quente. Também foi retirada e pesada a gordura abdominal das carcaças, para obtenção do peso absoluto e relativo de gordura abdominal, calculado com base no peso da carcaça fria.

Para a tipificação das carcaças foi utilizado o sistema óptico (Pistola Hennessy Modelo-GP7), logo após a obtenção do pH45, com sonda de registros por espectroscopia de refletância, que foi inserida a seis centímetros da linha média, entre a última e penúltima costela torácica, para mensuração de carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água) no músculo *longissimus dorsi*, rendimento de carne magra (RCM), profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PL) e espessura de toucinho (ET). O RCM nas carcaças também foi estimado por meio da equação proposta por Irgang (1998), conforme segue: $RCM (\%) = 60 - (ET \times 0,58) + (PL \times 0,10)$.

Para avaliação qualitativa da carcaça, 24 horas após o abate, foram retiradas amostras (2,5 cm de espessura) do *longissimus dorsi*, na região da 14ª e 18ª vértebras, para posterior mensuração de gordura intramuscular (marmoreio), perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, conforme Bridi & Silva (2009).

A cor do músculo *longissimus dorsi* foi mensurada 24h após abate, com amostras retiradas entre a 14ª e 18ª vértebras torácicas, conforme descrito por Bridi & Silva (2009). Na superfície do músculo, foram realizadas seis medições de luminosidades Minolta (L^* , a^* e b^*), utilizando o colorímetro portátil CR-400 Konica Minolta's, (configurações: Iluminante D65; 0° ângulo de visão e 4 auto-average). Os componentes L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Na mensuração das variáveis de cor, consistência e marmoreio, foi adotado um escore subjetivo na superfície do músculo *longissimus dorsi*, utilizando uma pontuação com escala de cinco pontos (1 = pálida, mole e desprovida de marmoreio; 5 = escura, firme moderado ou abundante marmoreio), como descrito pelo NPPC (1991).

As amostras cozidas do *longissimusdorsi* foram utilizadas para medição da força de cisalhamento (kgf). De cada amostra foram retiradas, longitudinalmente, no sentido das fibras musculares, seis subamostras no formato cilíndrico (diâmetro 1,27cm), segundo recomendações de Ramos & Gomide (2007). As análises foram realizadas em um texturômetro Stable Micro System TA-XT2i, acoplado à probe Warner-Bratzler Shear Force e ao software Texture Expert Exponent – Stable Micro Systems.

Os dados referentes ao desempenho, parâmetros sanguíneos, características quantitativas e qualitativas de carcaça foram submetidos à análise de variância. As variáveis-resposta obtidas na avaliação de comportamento foram quantificadas em porcentagem, transformadas para $\log(x+1)$. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de

piridoxina. Os graus de liberdade referentes aos níveis de triptofano digestível foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão. Para as variáveis de desempenho, o peso inicial dos suínos foi utilizado como covariável, enquanto para avaliação das características quantitativas e qualitativas da carcaça, foi utilizado o peso de abate como covariável.

A incidência de carne PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água) foi quantificada em percentagem e os dados foram transformados para $y = \arcsin \sqrt{X/N}$, assumindo distribuição binomial, segundo metodologia descrita por Haddad & Vendramim (2000) e as médias transformadas foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Foi aplicado o Teste F sobre as médias obtidas para os níveis de piridoxina.

Todos os dados foram submetidos às análises estatísticas, utilizando-se PROC GLM do programa computacional SAS (2001). Quando houve interação entre os níveis de triptofano digestível e piridoxina, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de $16,5 \pm 4,58^{\circ}\text{C}$ e $27,6 \pm 5,00^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A umidade relativa média do ar no período experimental foi de $65,91 \pm 15,90\%$. A precipitação pluviométrica total no período experimental foi de 743 mm.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis suplementares de piridoxina e nem dos níveis de triptofano digestível sobre o peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR), conversão alimentar (CA), profundidade de lombo (PL) e espessura de toucinho (ET). Também não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível avaliados (Tabela 20).

Os níveis de triptofano digestível avaliados no presente estudo não influenciaram ($P > 0,05$) o GPD, evidenciando que o nível de triptofano digestível de 0,140% foi suficiente para atender às exigências para ganho de peso. Entretanto, Lenis et al. (1990) encontraram um nível ótimo de 0,135% de triptofano digestível para fêmeas suínas, de 35 a 105 kg, com base nas variáveis de desempenho, inferindo que a relação ideal triptofano:lisina foi de 19%.

Tabela 20 - Desempenho e características de carcaça de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>					
	1 mg piridoxina / kg de ração					Média	5 mg piridoxina / kg de ração					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	0,140	0,167	0,194	0,221			0,140	0,167	0,194	0,221							
PI, kg	70,61	70,81	70,20	69,34	70,24	69,25	70,13	70,74	70,73	70,21	0,384	NS ⁶	NS	NS	NS		
PF, kg	100,32	98,76	99,72	97,89	99,17	98,35	99,21	99,52	99,54	99,16	0,722	NS	NS	NS	NS		
GPD, kg	0,94	0,80	0,88	0,81	0,86	0,90	0,82	0,83	0,88	0,86	0,023	NS	NS	NS	NS		
CDR, kg	2,52	2,36	2,60	2,43	2,48	2,61	2,35	2,46	2,60	2,51	0,044	NS	NS	NS	NS		
CA	2,69	2,95	2,96	3,01	2,90	2,92	2,87	2,96	2,95	2,93	0,058	NS	NS	NS	NS		
PL, cm	4,90	4,62	4,75	4,53	4,70	4,65	4,90	5,01	4,75	4,83	0,064	NS	NS	NS	NS		
ET, cm	1,21	1,14	1,33	1,32	1,25	1,22	1,02	1,18	1,16	1,14	0,033	NS	NS	NS	NS		

¹PI= Peso inicial; PF= Peso final; GPD = Ganho de peso diário; CDR = Consumo diário de ração; CA = Conversão alimentar; PL = Profundidade de lombo mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500); ET = Espessura de toucinho mensurada por ultrassonografia (ALOKA SSD-500). ²Efeito da piridoxina. ³Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴Efeito linear dotriptofano digestível. ⁵Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁶Não-significativo.

Hahn & Baker (1995) justificam que uma relação adequada triptofano:lisina é primordial para assegurar a renovação celular, repor as perdas gastrintestinais e não comprometer a conversão do triptofano em produtos especializados, como serotonina ou niacina, de forma a garantir um padrão ideal de manutenção.

Existem poucos trabalhos recentes sobre exigências de triptofano para fêmeas suínas, na fase de terminação. Ainda assim, Hahn & Baker (1995) avaliaram níveis de 0,115 e 0,128% de triptofano digestível para fêmeas suínas, dos 56 aos 111kg, cujas relações triptofano:lisina digestível foram de 18 e 20%, respectivamente.

Os autores não obtiveram efeito ($P>0,05$) dos níveis avaliados sobre o GPD (0,845 e 0,895 kg) e CDR (2,690 e 2,818 kg), mas observaram que o maior nível de triptofano digestível (0,128%) resultou em menor CA (3,14); em comparação ao menor nível (0,115%); que resultou numa CA de 3,18. Desse modo, os autores supracitados concluíram que, para fêmeas suínas, a relação triptofano:lisina digestível de 20% é mais adequada ao se considerar o desempenho dos animais.

Ao trabalhar com suínos, machos castrados, avaliando relações triptofano:lisina digestível variando de 18,0 a 24,0%; Fremaut & Deschrijver (1990) não observaram variação significativa no GPD dos animais. Do mesmo modo, Haese et al. (2006) também não verificaram resposta dos níveis de triptofano digestível (0,128 a 0,160%) sobre o GPD de suínos, machos castrados dos 60 aos 95 kg. Segundo esses autores, o nível de 0,128% triptofano digestível, correspondente à relação de 16,0% com a lisina digestível, foi suficiente para atender às exigências para máximo crescimento dos animais.

Entretanto, Pereira et al. (2008) avaliaram níveis de triptofano variando de 0,124 a 0,160% para suínos, machos castrados, dos 97 aos 125kg e observaram que os níveis de triptofano influenciaram ($P<0,06$) o ganho de peso diário dos animais, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,144%; correspondente a uma relação de 19,2% com a lisina digestível. Resultados semelhantes foram obtidos por Eder et al. (2003), que verificaram que o nível de 0,146% de triptofano digestível proporcionou o melhor ganho de peso dos suínos na fase de terminação (80 a 115 kg).

Ao avaliarem níveis de triptofano digestível variando de 0,080 a 0,160% para suínos, machos castrados, dos 67 aos 96 kg, cujas relações triptofano:lisina digestíveis oscilaram entre 13,1 e 26,2 %; Xie et al. (2014) concluíram, com base no GPD e CA, que a exigência dos

animais foi de 0,124% de triptofano digestível, o que resultou numa relação triptofano:lisina digestível de 20,3%.

Existem diferenças consideráveis no desempenho de suínos de diferentes sexos. A esse respeito, Henry (1995) explica que suínos machos castrados consomem mais ração e ganham peso mais rapidamente em relação às fêmeas. Entretanto, as fêmeas são mais eficientes em converter alimento para ganho de peso, depositando maior porcentagem de tecido muscular e menor tecido adiposo em relação aos machos castrados. E, justamente pelo fato das fêmeas terem uma maior taxa de deposição de tecido muscular, e menor consumo que os machos castrados, suas exigências aminoacídicas são superiores.

Além disso, as fêmeas são mais sensíveis que machos castrados ao desequilíbrio entre o triptofano e os aminoácidos neutros de cadeia longa (ANCL), provavelmente devido à resposta diferenciada entre machos castrados e fêmeas na distribuição da serotonina no cérebro (Henry et al., 1996). Contudo, a exigência obtida no presente estudo, inferior a 0,140%; está de acordo com o nível proposto pelo NRC (2012), de 0,130%; para fêmeas suínas dos 75 aos 100 kg.

Ao conduzirem estudos com suínos, machos castrados e fêmeas, na fase de terminação, Henry et al. (1992) constataram que os diferentes níveis de triptofano afetavam mais o consumo de ração nas fêmeas que nos machos castrados, associando esse efeito à baixa relação entre o triptofano e os ANCL na ração. Segundo os autores, a menor relação triptofano:ANCL no plasma resultou em diminuição da disponibilidade de triptofano no cérebro, reduzindo a produção de serotonina, um neurotransmissor que estimula o consumo de alimento.

Ao avaliarem diferentes relações triptofano:ANCL para suínos, machos castrados, em fase de terminação, Henry & Sève (1993) concluíram que o nível de triptofano na ração deve corresponder a, no mínimo, 4% da soma dos ANCL, para evitar uma possível redução do consumo de ração voluntário pelos animais. Os autores justificam que o triptofano e os ANCL, quais sejam a valina, leucina, isoleucina, fenilalanina e tirosina, competem pelos mesmos sítios de absorção nas membranas celulares, tanto no plano intestinal como no cerebral, sobretudo na barreira hematoencefálica. Como consequência, menor quantidade de serotonina será produzida no cérebro, diminuindo o consumo voluntário (Henry & Sève, 1993).

Posteriormente, Henry et al. (1996) confirmaram que o efeito depressor do triptofano sobre a ingestão voluntária de alimentos em suínos estaria relacionado à menor concentração de serotonina no cérebro e que este efeito foi mais expressivo em fêmeas suínas. Considerando

os relatos destes autores, pode-se inferir que o menor nível de triptofano avaliado neste estudo (0,140%), cuja relação triptofano:ANCL correspondeu a 3,704; não foi suficiente para influenciar a disponibilidade de triptofano plasmático, a ponto de comprometer o consumo voluntário de ração, uma vez que não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível ou das relações triptofano:ANCL sobre o CDR.

Ao avaliarem a interação entre níveis de triptofano (0,190 a 0,250%) e piridoxina (2,1 a 3,5 mg/kg) para suínos recém desmamados, de 2 a 9 semanas de idade, Matte et al. (2011) não observaram efeito dos tratamentos sobre o CDR, GPD e CA, concluindo que a exigência de triptofano não se alterou em função dos níveis de piridoxina.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano digestível sobre a PL e a ET. De forma similar, Fremaut & Deschrijver (1990), Henry et al. (1992), Haese et al. (2006) Pereira et al. (2008) não observaram alterações nos valores de PL e ET em suínos machos castrados, na fase de terminação, quando aumentaram o nível de triptofano da ração.

No entanto, Guzik et al. (2006) observaram que para suínos machos castrados (75 aos 105 kg) houve efeito linear crescente ($P=0,10$) dos níveis de triptofano digestível (0,060 a 0,140%) sobre a ET, que variou de 1,78 a 2,24 cm. Os autores atribuíram esse efeito à característica específica do triptofano (glico ou cetogênico) que, quando em excesso, será deaminado no fígado e seu cetoácido correspondente será o Acetoacetil-CoA ou o Acetil-CoA, ambos compostos que podem gerar corpos cetônicos, envolvidos na síntese de gorduras.

Dentre as variáveis sanguíneas avaliadas (Tabela 21), houve efeito quadrático ($P=0,017$) dos níveis de triptofano digestível sobre a glicose plasmática, com estimativas de menor valor (60,62 mg/dL) para o nível de 0,176% de triptofano digestível.

O comportamento obtido para a glicose plasmática pode ser explicado pela teoria glicostática de ingestão alimentar, segundo a qual a glicemia plasmática indica o estado alimentar do indivíduo, de modo que os estados de fome e saciedade são correlacionados, respectivamente, a níveis baixos e altos de glicose plasmática (Guyton & Hall, 2006).

Além disso, Le Floch & Sève (2007) explicam que animais submetidos a níveis deficientes ou excessivos de triptofano, em teoria, poderiam apresentar diferentes taxas glicêmicas, uma vez que o triptofano está envolvido no controle periférico do apetite, por modular a secreção de insulina e do peptídeo inibidor gástrico (GIP), além de elevar a expressão gênica de grelina, hormônios com efeitos positivos sobre o consumo alimentar.

Tabela 21 -Níveis plasmáticos de glicose, ureia, creatinina, triglicerídeos, proteínas totais e hematócritos em fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>			
	0,140	0,167	0,194	0,221	Média	0,140	0,167	0,194	0,221	Média		PIR ¹	PIRxTRP ²	Lin ³	Quad ⁴
	1 mg piridoxina / kg de ração					5 mg piridoxina / kg de ração									
Glicose, mg/dL ⁶	66,13	59,69	66,75	66,94	64,88	66,38	56,06	62,88	66,75	63,02	1,190				
Ureia, mg/dL ⁷	23,88	24,75	29,69	26,13	26,11 ^A	23,75	20,19	25,13	24,19	23,31 ^B	0,664	0,026	NS	NS	NS
Creatinina, mg/dL	1,63	1,73	1,72	1,52	1,65	1,64	1,61	1,62	1,70	1,64	0,058	NS	NS	NS	NS
Triglicerídeos, mg/dL	33,94	38,44	35,63	38,56	36,64	30,06	31,50	34,06	36,88	33,13	1,459	NS	NS	NS	NS
Proteínas totais, g/dL	10,41	10,66	11,23	10,62	10,73	9,80	10,31	10,46	10,54	10,28	0,171	NS	NS	NS	NS
Hematócritos, %	36,66	39,59	36,13	36,09	37,12	36,34	35,44	34,94	35,50	35,55	0,450	NS ⁷	NS	NS	NS

¹- Efeito da piridoxina. ²- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ³- Efeito linear do triptofano digestível. ⁴- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁵- Não-significativo. ⁶- Efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível $Y = 171,1338 - 1256,00X + 3568,67X^2$ ($R^2=0,60$). ⁷- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F.

Houve efeito ($P < 0,026$) da piridoxina sobre a ureia plasmática (Ureia), em que o nível suplementar da piridoxina resultou em um teor de 23,31 mg/dL de Ureia, sendo inferior ao obtido nos animais que não receberam piridoxina suplementar, correspondente a 26,11 mg/dL. Ainda assim, Bisinoto et al. (2006) avaliaram níveis de triptofano total variando de 0,260 a 0,350%; para suínos, machos castrados, dos 6 aos 20 kg, e não obtiveram diferença ($P > 0,05$) para os níveis plasmáticos de ureia, que variaram de 13,27 a 15,99 mg/dL.

Entretanto, como os autores avaliaram níveis de triptofano digestível para suínos em fase pré-inicial e inicial, em que as exigências desse aminoácido são proporcionalmente maiores do que em animais mais velhos, torna-se menos provável haver efeito sobre parâmetros sanguíneos em categorias mais pesadas, haja vista que a exigência do triptofano é proporcionalmente menor nos animais avaliados no presente estudo, em fase de terminação.

Uma possível explicação para o teor reduzido de Ureia nos animais que receberam o nível suplementar de piridoxina é que tenha havido menor catabolismo de aminoácidos e, portanto, menor geração do produto de sua excreção, que é a ureia. Essa teoria é corroborada por Combs Jr. (2008), que ressalta o papel da piridoxina como cofator enzimático em reações de glicogenólise, que ocorrem preferencialmente pelo organismo para manter o metabolismo energético, numa situação de queda na glicemia. A vitamina B6, na forma de piridoxal fosfato, liga-se a um resíduo peptídiolisínico, por meio de uma base de Schiff, ativando assim a enzima glicogênio fosforilase, que libera a glicose.

O autor supracitado ainda explica que, ao contrário das outras enzimas piridoxal-fosfato dependentes, as fosforilases constituem um grupo de coenzimas cataliticamente importantes, que participam da transferência de fosfato inorgânico para as unidades de glicose do glicogênio, produzindo glicose-1-fosfato, que será prontamente disponibilizada para manter a glicemia. A transformação da enzima glicogênio fosforilase, de sua forma inativa para a forma ativa, envolve um aumento nas ligações com a coenzima. Este papel da piridoxina no organismo animal responde pela utilização de mais da metade de sua concentração total disponível, devido à abundância da enzima glicogênio fosforilase nos músculos (cerca de 5% de proteína solúvel do músculo).

Tabela 22 - Avaliação comportamental em período diurno (6h às 18h) e noturno (18h às 6h) defêneas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P					
		0,140 0,167 0,194 0,221					Média	0,140 0,167 0,194 0,221					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
		1 mg piridoxina / kg de ração						5 mg piridoxina / kg de ração										
Diurno	Dormindo ⁷	1,57 (37,21)	1,48 (31,51)	1,52 (32,42)	1,56 (36,07)	1,53 (34,30)	1,61 (40,64)	1,50 (32,88)	1,57 (36,99)	1,60 (39,60)	1,57 (37,53)	0,022	NS ⁶	NS	NS	0,001		
	Comendo ⁸	1,33 (21,23)	1,25 (18,72)	1,34 (21,69)	1,25 (17,58)	1,29 ^A (19,81)	1,26 (18,04)	1,24 (16,67)	1,14 (13,24)	1,24 (16,59)	1,22 ^B (16,14)	0,030	0,003	0,001	NS	NS		
	Bebendo	1,12 (13,47)	0,79 (6,62)	0,88 (9,13)	1,01 (10,73)	0,95 (9,99)	0,91 (8,68)	0,97 (8,90)	0,96 (9,59)	1,04 (12,00)	0,97 (9,79)	0,052	NS	NS	NS	NS		
	Interagindo	0,90 (7,53)	1,04 (10,27)	0,96 (9,13)	1,07 (11,19)	0,99 (9,53)	0,94 (8,90)	1,03 (10,27)	1,05 (11,42)	1,12 (13,05)	1,03 (10,91)	0,032	NS	NS	NS	NS		
	Imóvel ⁹	1,33 (20,55)	1,52 (32,88)	1,44 (27,63)	1,33 (24,43)	1,40 (26,37)	1,33 (23,74)	1,48 (31,28)	1,44 (28,77)	1,26 (18,75)	1,38 (25,63)	0,043	NS	NS	NS	0,001		
Noturno	Dormindo ¹⁰	1,95 (89,20)	1,96 (89,44)	1,95 (88,50)	1,94 (85,92)	1,95 (88,27)	1,97 (92,25)	1,96 (91,08)	1,95 (88,97)	1,93 (84,53)	1,95 (89,21)	0,006	NS	0,030	0,001	NS		
	Comendo ¹¹	0,48 (2,35)	0,14 (0,47)	0,22 (1,17)	0,52 (3,05)	0,34 (1,76)	0,22 (0,94)	0,19 (0,94)	0,31 (2,58)	0,53 (2,99)	0,31 (1,86)	0,059	NS	NS	NS	0,001		
	Bebendo	0,30 (1,64)	0,32 (1,41)	0,41 (1,88)	0,48 (2,58)	0,38 (1,88)	0,16 (0,70)	0,19 (0,94)	0,41 (1,88)	0,29 (1,18)	0,26 (1,18)	0,042	NS	NS	NS	NS		
	Interagindo ⁸	0,22 (0,94)	0,12 (0,70)	0,13 (0,47)	0,19 (0,70)	0,17 ^B (0,70)	0,29 (1,41)	0,19 (0,70)	0,25 (1,17)	0,35 (1,60)	0,27 ^A (1,22)	0,042	0,001	NS	NS	NS		
	Imóvel ¹²	0,80 (5,87)	0,94 (7,98)	0,92 (7,98)	0,87 (7,75)	0,88 (7,40)	0,61 (4,69)	0,78 (6,34)	0,74 (5,40)	0,95 (9,69)	0,77 (6,53)	0,047	NS	NS	0,001	NS		

¹- Dados transformados para log (X+1) e, entre parênteses, frequência em porcentagem (%). Dormindo= deitado em repouso evidente; Comendo= em pé, sentado ou deitado, mas consumindo ração no comedouro; Bebendo= em pé, sentado ou deitado, mas ingerindo água na chupeta; Interagindo= caminhando, correndo, pulando, explorando as instalações, mordendo as grades divisórias, interagindo com o animal da baía vizinha; Imóvel= em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear do triptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶- Não-significativo. ⁷- $Y = 143,61567 - 1224,74216X + 3384,89991X^2$ ($R^2=0,87$). ⁸- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ⁹- $Y = -149,91796 + 2027,10471X - 5672,26102X^2$ ($R^2=0,92$). ¹⁰- $Y = 100,7938 - 66,80471X$ ($R^2=0,87$). ¹¹- $Y = 20,88718 - 238,24437X + 714,4453X^2$ ($R^2=0,92$). ¹²- $Y = 0,38283 + 36,45301X$ ($R^2=0,80$).

Desse modo, as taxas mais elevadas de glicose plasmática nos níveis mínimo e máximo de triptofano digestível avaliados (0,140 e 0,221%, respectivamente) indicam que ambos foram mais eficientes em manter a glicemia do que os níveis intermediários (0,167 e 0,194 %). Portanto, com base no parâmetro sanguíneo ora avaliado, o nível de 0,140% de triptofano digestível foi suficiente para manter a taxa glicêmica estável.

Para as demais variáveis sanguíneas, não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis suplementares de piridoxina como dos níveis de triptofano digestível. Também não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis suplementares de piridoxina e os níveis de triptofano digestível sobre as variáveis supracitadas.

A análise de comportamento (Tabela 22) realizada no período diurno (6h às 18h) revelou efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de dormir, em que a menor frequência foi observada no nível de 0,181% de triptofano digestível.

O comportamento de comer foi influenciado negativamente ($P=0,003$) pelo nível suplementar de piridoxina e houve interação ($P=0,001$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para essa mesma variável, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu a frequência do comportamento de comer até o nível de 0,194% de triptofano digestível (Tabela 23).

Para a variável imóvel, que remetia às condições de ausência de movimentos, fosse em pé, sentado, deitado, em alerta, em ócio, urinando ou defecando, também houve efeito quadrático ($P=0,001$), em que o maior valor foi obtido para o nível de 0,179% de triptofano digestível.

Tabela 23 - Desdobramento da interação PIRxTRP para o comportamento comendo, no período diurno (6h às 18h), de fêmeas suínas dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Período	Itens	Níveis de piridoxina (mg/kg)	Níveis de triptofano digestível (%)				Média
			0,140	0,167	0,194	0,221	
Diurno	Comendo, %	1,00	1,33 ^a	1,25 ^a	1,34 ^a	1,25 ^a	1,29
		5,00	1,26 ^b	1,24 ^b	1,14 ^b	1,24 ^a	1,22
Média			1,30	1,24	1,24	1,24	1,26

Letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De forma semelhante, Poletto et al. (2010) avaliaram o comportamento diurno de fêmeas suínas alojadas coletivamente (6 animais/baia), aos 3 e 6 meses de idade, alimentadas durante 7 dias com dois níveis de triptofano digestível (3 meses= 0,140 e 0,350%; 6 meses= 0,130 e 0,310%). Os autores observaram que aos 3 meses de idade as fêmeas que receberam o maior nível de triptofano (0,350%) passaram menos tempo em pé e mais tempo deitadas, apresentando queda no comportamento agressivo em relação às que receberam o nível basal do aminoácido. Entretanto, esse comportamento não foi observado para os mesmos animais reagrupados aos 6 meses de idade, que manifestaram agressividade. Os autores concluíram que o comportamento obtido para os animais aos 3 meses, que receberam triptofano suplementar, está relacionado à ativação do sistema serotoninérgico cerebral, uma vez que esses animais apresentaram concentrações plasmáticas de serotonina significativamente maiores.

Para a avaliação comportamental realizada em período noturno (18h às 6h), houve interação ($P=0,03$) entre os níveis de piridoxina e de triptofano para o comportamento de dormir, em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) reduziu de forma mais acentuada a frequência de dormir (Figura 10b), ao longo dos níveis de triptofano avaliados, quando comparado com o nível basal de piridoxina, de 1 mg/kg (Figura 10a).

Os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear decrescente o comportamento de dormir. Também houve efeito quadrático ($P=0,001$) dos níveis de triptofano sobre o comportamento de comer, em que o menor valor foi obtido para o nível de 0,167% de triptofano.

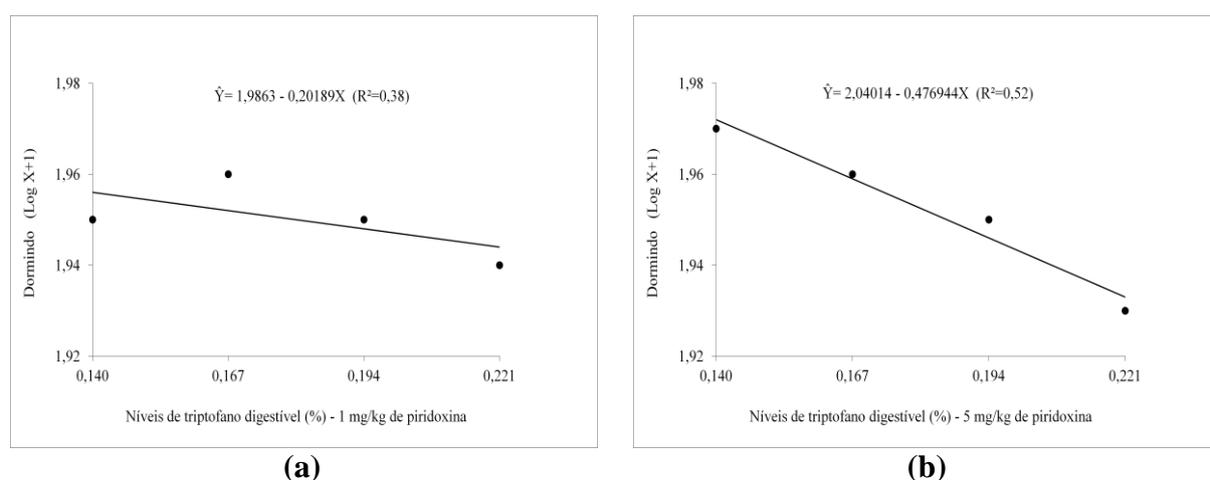


Figura 10-Interação entre níveis de triptofano digestível e níveis de 1 mg/kg (a) e 5mg/kg (b) de piridoxina sobre o comportamento dormindo, no período noturno (18h às 6h), de fêmeas suínas dos 70 aos 100 kg.

A variável interagindo sofreu efeito positivo ($P=0,001$) do nível suplementar de piridoxina e os níveis crescentes de triptofano influenciaram ($P=0,001$) de forma linear crescente o comportamento imóvel.

Para avaliarem o efeito do triptofano sobre o comportamento de porcas em gestação, Li et al. (2011) forneceram níveis de 0,150% (basal) e 0,350% (suplementar) de triptofano digestível para 168 fêmeas suínas, 3 dias antes e 3 dias depois de alojá-las coletivamente, em 8 grupos de 21 animais, buscando a mistura de animais para avaliar o comportamento agressivo. Os autores obtiveram filmagens ininterruptas por 72 horas após a mistura dos animais e observaram que as agressões foram mais intensas nas primeiras 6 horas, com elevações significativas nos níveis de cortisol salivar, mas reduziram linearmente até as 72 horas de avaliação. Entretanto, não houve diferença entre os tratamentos avaliados, o que levou à conclusão de que o nível de 0,350% de triptofano digestível e/ou o período de fornecimento de 3 dias antes e depois da mistura de animais não reduziram o comportamento agressivo.

As características quantitativas de carcaça estão descritas na Tabela 24. De modo geral, houve efeito ($P<0,05$) do nível suplementar de piridoxina apenas sobre as variáveis de peso de pernil (PP) e rendimento de pernil (RP), em que o nível suplementar de piridoxina (5 mg/kg) resultou em PP e RP mais elevados (11,19 kg e 30,60%, respectivamente) do que os resultados obtidos para o tratamento sem piridoxina suplementar (1 mg/kg), que apresentou valores de 11,09kg e 29,62% de PP e RP, respectivamente. Houve efeito linear crescente ($P=0,007$) dos níveis de triptofano digestível sobre o rendimento de carne magra (RCM) mensurado com sistema óptico Hennessy.

Não se pode desconsiderar, também, as diferenças existentes entre suínos de diferentes sexos para o rendimento de carne magra na carcaça. A esse respeito, Henry (1995) evidencia que suínos machos castrados consomem mais ração e ganham peso mais rapidamente em relação às fêmeas. Entretanto, as fêmeas são mais eficientes em converter alimento para ganho de peso, depositando maior porcentagem de tecido muscular e menor tecido adiposo em relação aos machos castrados. Consoante a essa afirmação, Haese et al. (2006) e Pereira et al. (2008) não observaram efeito dos níveis de triptofano digestível sobre o rendimento de carne magra e nem sobre a profundidade de lombo em suínos machos castrados em terminação.

Tabela 24 - Características quantitativas de carcaça de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de <i>P</i>			
	0,140 0,167 0,194 0,221				Média	0,140 0,167 0,194 0,221				Média		PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵
	1 mg piridoxina / kg de ração					5 mg piridoxina / kg de ração									
QJ, %	4,40	3,83	3,38	3,43	3,76	3,81	3,47	3,43	4,05	3,69	0,137	NS ⁶	NS	NS	NS
PCQ, kg	79,82	75,66	77,94	74,43	76,96	76,16	75,39	75,66	75,22	75,61	0,585	NS	NS	NS	NS
RCQ, %	83,28	82,20	82,18	82,11	82,44	83,14	82,49	82,46	81,52	82,40	0,207	NS	NS	NS	NS
PCF, kg	77,69	73,48	75,83	72,49	74,87	73,49	73,20	73,19	73,03	73,23	0,585	NS	NS	NS	NS
RCF, %	81,05	79,84	79,95	79,97	80,20	80,23	80,07	79,79	79,14	79,81	0,240	NS	NS	NS	NS
QR, %	2,67	2,88	2,72	2,61	2,72	3,51	2,94	3,23	2,94	3,15	0,139	NS	NS	NS	NS
PP, kg ⁷	11,59	10,88	11,21	10,70	11,09 ^B	11,16	11,25	11,24	11,09	11,19 ^A	0,094	0,064	NS	NS	NS
RP, % ⁷	29,85	29,62	29,55	29,49	29,62 ^B	30,47	30,77	30,77	30,38	30,60 ^A	0,176	0,002	NS	NS	NS
CC, cm	92,66	91,88	93,00	91,31	92,21	91,50	93,38	93,66	92,40	92,73	0,326	NS	NS	NS	NS
PL1, cm	6,35	5,94	6,16	6,04	6,12	5,94	6,11	6,06	5,87	6,00	0,059	NS	NS	NS	NS
ET1, cm	1,79	1,76	1,83	2,07	1,86	1,92	1,81	2,04	2,02	1,95	0,045	NS	NS	NS	NS
RCM1, %	60,18	60,68	59,28	59,08	59,80	59,20	59,72	60,49	60,72	60,03	0,028	NS	NS	NS	NS
PL2, cm	4,71	4,35	3,58	5,83	4,62	4,48	4,80	4,72	4,57	4,71	1,616	NS	NS	NS	NS
ET2, cm	1,80	1,48	1,48	1,27	1,51	1,60	1,59	1,49	1,55	1,56	0,507	NS	NS	NS	NS
RCM2, % ⁸	52,56	53,85	53,23	57,75	54,35	52,84	54,00	54,64	54,16	53,91	0,451	NS	NS	0,007	NS

¹- QJ= Quebra pelo jejum; PCQ= Peso de carcaça quente; RCQ= Rendimento de carcaça quente; PCF= Peso de carcaça fria; RCF= Rendimento de carcaça fria; QR= Quebra de rendimento; PP= Peso do pernil; RP= Rendimento do pernil; CC= Comprimento da carcaça; PL1= Profundidade de lombo mensurada com paquímetro; ET1= Espessura de toucinho mensurada com paquímetro; RCM1= Rendimento de carne magra (Equação de IRGANG, 1998); PL2= Profundidade de lombo mensurada com sistema óptico Hennessy; ET2= Espessura de toucinho mensurada com sistema óptico Hennessy; RCM2= Rendimento de carne magra mensurada com sistema óptico Hennessy. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear dotriptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático dotriptofano digestível. ⁶- Não-significativo. ⁷- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F. ⁸- Efeito linear dos níveis de triptofano digestível $Y = 47,5934 + 36,2037X$ ($R^2=0,87$).

Tabela 25 -Peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos de fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)								Média	Erro padrão	Valor de <i>P</i>				
	0,140 0,167 0,194 0,221				0,140 0,167 0,194 0,221						PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	1 mg piridoxina / kg de ração				5 mg piridoxina / kg de ração										
GORD, kg	0,838	0,813	0,903	0,948	0,875	0,801	0,708	0,848	0,886	0,810	0,028	NS ⁶	NS	NS	NS
COR, kg	0,384	0,375	0,390	0,375	0,381	0,369	0,409	0,407	0,409	0,398	0,006	NS	NS	NS	NS
BAÇO, kg	0,164	0,181	0,177	0,188	0,177	0,153	0,172	0,167	0,162	0,163	0,004	NS	NS	NS	NS
FÍG, kg	1,396	1,393	1,383	1,360	1,383	1,375	1,256	1,446	1,542	1,405	0,023	NS	NS	NS	NS
RINS, kg	0,361	0,336	0,343	0,332	0,343	0,358	0,339	0,346	0,345	0,347	0,005	NS	NS	NS	NS
PR-GORD, %	1,075	1,101	1,193	1,320	1,172	1,091	0,969	1,146	1,210	1,104	0,038	NS	NS	NS	NS
PR-COR, % ⁷	0,401	0,406	0,411	0,414	0,408 ^B	0,402	0,446	0,445	0,445	0,435 ^A	0,006	0,027	NS	NS	NS
PR-BAÇO, %	0,171	0,196	0,186	0,209	0,190	0,166	0,188	0,183	0,175	0,178	0,004	NS	NS	NS	NS
PR-FÍG, %	1,457	1,510	1,458	1,499	1,481	1,505	1,378	1,579	1,667	1,532	0,023	NS	NS	NS	NS
PR-RINS, %	0,376	0,365	0,361	0,367	0,367	0,391	0,371	0,379	0,372	0,378	0,005	NS	NS	NS	NS

¹- GORD= Peso absoluto de gordura abdominal; COR= Peso absoluto do coração; BAÇO= Peso absoluto do baço; FÍG= Peso absoluto do fígado; RINS= Peso absoluto dos rins; PR-GORD= Peso relativo de gordura abdominal; PR-COR= Peso relativo do coração; PR-BAÇO= Peso relativo do baço; PR-FÍG= Peso relativo do fígado; PR-RINS= Peso relativo dos rins. ²- Efeito da piridoxina. ³- Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴- Efeito linear do triptofano digestível. ⁵- Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶- Não-significativo. ⁷- Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si, pelo teste F.

As variáveis de peso absoluto e relativo de gordura abdominal e órgãos, apresentadas na Tabela 25, foram semelhantes entre si ($P > 0,05$), nos diferentes tratamentos avaliados. A única exceção ocorreu para o peso relativo de coração (PR-COR), que apresentou um valor médio mais elevado ($P = 0,027$), de 0,435%; para os animais que receberam piridoxina suplementar, quando comparados aos animais que não receberam (0,408%).

Quando alguma situação passa a gerar queda no débito cardíaco, mesmo que os batimentos se elevem, surge um quadro de sobrecarga nos movimentos do coração, com aumento de suas pressões de enchimento e dilatação ventricular e distensão dos sarcômeros (unidades contráteis dos miócitos). Se essa condição permanecer, passa a haver aumento também no número de sarcômeros, o que resulta em miócitos maiores e mais espessos, contendo maior número de fibrilas. Assim, o ventrículo dilata, caracterizando um quadro de hipertrofia ventricular (HV), para aumentar a contratilidade miocárdica e evitar a queda do débito cardíaco (Guyton & Hall, 2006).

O hormônio angiotensina e os neurotransmissores epinefrina e norepinefrina constituem os principais agentes indutores de HV, pois apresentam grande potencial de geração de insuficiência cardíaca momentânea. E, de acordo com Combs Jr. (2008), tanto a epinefrina quanto a norepinefrina são sintetizadas, a partir da tirosina, por ação da tirosina-carboxilase, que utiliza a piridoxina como cofator enzimático. Assim, um maior aporte de piridoxina pode levar à maior produção dos neurotransmissores recém elencados, e isso pode explicar, em partes, os resultados obtidos para PR-COR no presente trabalho.

De acordo com Nelson & Cox (2011), pelo fato do triptofano ser um aminoácido glicogênico ou cetogênico, pode influenciar positivamente a síntese de gordura no organismo, se estiver em excesso. Entretanto, no presente trabalho esse efeito não foi observado, uma vez que não houve elevação nos pesos de gordura abdominal e nem redução nos pesos de fígado, em função da elevação nos níveis de triptofano digestível nas rações.

As características qualitativas do *longissimus dorsi* encontram-se descritas na Tabela 26. De modo geral, houve efeito ($P < 0,05$) do nível suplementar de piridoxina sobre as variáveis de pH mensurado 24hs após o abate (pH 24h) e perda de líquido por cocção (PLC), em que as amostras de *longissimus dorsi* obtidas de animais que receberam piridoxina suplementar (5mg/kg) resultaram em queda menos acentuada de pH 24h (5,75); quando comparadas ao valor médio do tratamento que não foi suplementado com piridoxina (5,60).

Tabela 26 -Características qualitativas do *longissimus dorsi* em fêmeas suínas, dos 70 aos 100 kg, alimentadas com rações contendo diferentes níveis de triptofano digestível e piridoxina.

Itens ¹	Níveis de triptofano digestível (%)										Erro padrão	Valor de P					
	1 mg piridoxina / kg de ração					Média	5 mg piridoxina / kg de ração					Média	PIR ²	PIRxTRP ³	Lin ⁴	Quad ⁵	
	0,140	0,167	0,194	0,221			0,140	0,167	0,194	0,221							
pH 45 min.	6,18	6,32	6,15	6,16	6,20	6,16	6,31	6,44	6,32	6,31	0,048	NS ⁶	NS	NS	NS ⁹		
pH 24 h ⁷	5,57	5,74	5,58	5,51	5,60 ^B	5,79	5,81	5,74	5,66	5,75 ^A	0,037	0,010	NS	NS	NS		
PGOT, %	4,14	3,56	3,51	4,12	3,83	4,64	3,61	4,19	3,06	3,88	0,213	NS	NS	NS	NS		
Minolta L* ⁸	54,55	54,97	51,89	53,25	53,66	54,85	54,94	52,90	53,93	54,15	0,403	NS	NS	0,061	NS		
Minolta a*	7,21	6,58	6,68	6,89	6,84	8,63	6,34	7,38	6,58	7,23	0,213	NS	NS	NS	NS		
Minolta b* ⁹	5,47	4,90	4,41	5,06	4,96	5,66	4,91	5,13	4,86	5,14	0,117	NS	NS	NS	0,066		
COR	2,00	2,06	2,25	1,75	2,02	2,13	1,69	2,19	1,81	1,95	0,059	NS	NS	NS	NS		
MARM	1,50	1,69	1,88	1,50	1,64	1,56	1,31	1,69	2,00	1,64	0,068	NS	NS	NS	NS		
CONS	1,94	1,94	2,38	2,06	2,08	2,31	2,00	2,19	2,00	2,13	0,066	NS	NS	NS	NS		
PSE, % ¹⁰	12,50	0,00	0,00	12,50	6,25	0,00	12,50	0,00	12,50	6,25	0,032	-	-	-	-		
PLD, %	11,33	10,09	10,07	11,28	10,69	10,83	9,18	11,25	8,78	10,01	0,344	NS	NS	NS	NS		
PLC, % ⁷	30,86	32,84	33,51	33,04	32,56 ^A	30,58	29,86	33,94	27,51	30,47 ^B	0,682	0,043	NS	NS	NS		
FC, Kgf/seg ¹¹	2,98	3,29	3,54	2,92	3,18	2,94	3,20	2,97	2,73	2,96	0,081	NS	NS	NS	0,006		

¹ pH 45 min= potencial hidrogeniônico 45 minutos após o abate; pH 24 h= potencial hidrogeniônico 24 horas após o abate; PGOT= Perda de água por gotejamento; Minolta L*= indica o grau de luminosidade da carne (L* = 0 carne escura, L = 100 carne branca); Minolta a*= indica a coloração da carne, variando do vermelho ao verde (alto indica cor vermelha, baixo indica cor verde); Minolta b*= indica a coloração da carne, variando do amarelo ao azul (b* alto indica cor mais amarela, b* baixo indica cor mais azul); COR= escore subjetivo de coloração (método americano); MARM= escore subjetivo de marmoreio (método americano); CONS= escore subjetivo de consistência (método americano); PSE= incidência de cor clara, textura macia e baixa retenção de água; PLD= perda de líquido por descongelamento; PLC= perda de líquido por cocção; FC= Força de cisalhamento. ² Efeito da piridoxina. ³ Interação entre piridoxina e triptofano digestível. ⁴ Efeito linear do triptofano digestível. ⁵ Efeito quadrático do triptofano digestível. ⁶ Não-significativo. ⁷ Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste F. ⁸ Efeito linear dos níveis de triptofano digestível $Y = 57,8499 - 21,8360X$ ($R^2=0,42$). ⁹ Efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível $Y = 15,5510 - 111,998X + 290,066X^2$ ($R^2=0,99$). ¹⁰ Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de significância, para dados transformados em $y = \arcsin \sqrt{X/N}$. ¹¹ Efeito quadrático dos níveis de triptofano digestível $Y = -4,48272 + 87,6596X - 246,897X^2$ ($R^2=0,99$).

Do mesmo modo, a suplementação com piridoxina resultou em menor PLC (30,47%); quando comparada à PLC média das amostras de *longissimus dorsi* cujos animais não receberam piridoxina suplementar (32,56%).

Embora existam poucos dados na literatura sobre características qualitativas de carcaça de fêmeas suínas, envolvendo exigências de triptofano e piridoxina, Kendall et al. (2007) avaliaram níveis de 0,06 a 0,160% de triptofano digestível para suínos, machos castrados, dos 90 aos 125kg e não obtiveram efeito ($P>0,05$) sobre as variáveis de PGOT e PLC, bem como sobre os valores de Minolta L^* , a^* e b^* .

Foi observada uma redução do grau de luminosidade (Minolta L^*) do músculo *longissimus dorsi* ($P=0,061$) em função do aumento nos níveis de triptofano digestível, o que significa afirmar que houve decréscimo no grau de luminosidade médio do músculo *longissimus dorsi* (54,70 a 52,39) na medida em que aumentaram os níveis de triptofano digestível nas rações (0,140 a 0,221%).

Houve efeito quadrático ($P=0,066$) dos níveis de triptofano digestível sobre o grau de coloração da carne, do amarelo ao azul (Minolta b^*), em que o menor valor (4,74) foi obtido para o nível de 0,193% de triptofano digestível.

De acordo com Bridi & Silva (2009), os valores de L^* , a^* e b^* , isoladamente, não permitem muitas conclusões. Entretanto, esses valores associados entre si, ou com outras variáveis, permitem caracterizar anomalias na carne dos suínos, principalmente as carnes PSE (cor clara, textura mole e baixa retenção de água) e DFD (aspecto seco, textura firme e cor escura). Assim, os autores supracitados classificam um perfil de PSE como sendo: $L^* > 50$ além de $\text{pH } 45 \text{ min} \leq 5,8$; $\text{pH } 24\text{h} \leq 5,6$ e perda por gotejamento $> 5\%$. Já a carne DFD é classificada da seguinte maneira: $L^* < 42$ além de $\text{pH } 24\text{h} > 6,0$ e perda por gotejamento $< 5\%$.

Desse modo, embora tenha havido resposta linear da variável minolta L^* e quadrática da variável b^* aos níveis de triptofano digestível, não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de triptofano ou da piridoxina sobre a frequência de carne PSE dentro de cada tratamento (Tabela 26).

Houve efeito quadrático ($P=0,006$) dos níveis de triptofano digestível sobre a força de cisalhamento (FC) média do músculo *longissimus dorsi*, com estimativas de maior valor de FC (3,29 kgf/seg) para o nível de 0,177% de triptofano digestível. Embora a variável FC represente, indiretamente, o grau de maciez da carne, no caso do presente trabalho, qualquer

um dos valores obtidos está numa faixa de maciez extrema, inclusive o valor máximo, de 3,29 kgf/seg, uma vez que Lyon e Lyon (1991) classificam valores menores que 3,62 kgf/seg como de maciez extrema para o *longissimus dorsi* (lombo) no suíno.

Assim, com base nas características avaliadas, o nível mínimo de triptofano digestível avaliado (0,140%) atendeu às exigências de fêmeas suínas, dos 70 aos 100kg, sendo inferior ao proposto por Rostagno et al. (2011), de 0,161%; para a mesma fase e sexo. No entanto, mais estudos são necessários, pois o NRC (2012) apresenta uma recomendação inferior (0,130%) para fêmeas suínas dos 75 aos 100kg. Além disso, a suplementação com piridoxina não apresentou interações com os níveis de triptofano avaliados.

Desse modo, a exigência diária de triptofano digestível foi de 3,53 g/dia, resultando numa relação triptofano:lisina digestível de 0,157; sendo inferior à exigência diária proposta por Rostagno et al. (2011), de 4,36 g/dia, cuja relação triptofano:lisina digestível recomendada é de 0,180; para a mesma fase e sexo. Ainda assim, a exigência obtida no presente estudo foi superior à proposta pelo NRC (2012), de 3,20 g/dia, para fêmeas suínas dos 75 aos 100 kg, resultando numa relação triptofano:lisina digestível de 0,169.

Conclusões

Os níveis de piridoxina não influenciaram a exigência de triptofano digestível para fêmeas suínas dos 70 aos 100 kg, que é inferior a 0,140% ou 3,53g/dia.

Referências

- BISINOTO, K.S.; BERTO, D.A.; CALDARA1, F.R.; TRINDADE NETO, M.A.; WECHSLER, F.S. Exigências de triptofano para leitões (6 kg a 11 kg) com base no conceito da proteína ideal. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.28, p.197-202, 2006.
- BRIDI, A.M. & SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midigraft, 120p. 2009.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- COMBS JR., G.F. **The Vitamins – Fundamental aspects in nutrition and health**. 3rd Edition, Elsevier Academic Press, 2008, 583 p.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass

- characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2420-2432, 2002.
- DUTRA JR, W.M.; FERREIRA, A.S.; TAROUCO, J.U. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultrasonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1243-1250, 2001.
- EDER, K.; NONN, H.; KLUGE, H. et al. Tryptophan requirement of growing pigs at various body weights. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.87, p.336-346, 2003.
- FREMAUT, D.; SCHRIJVER, D.R. Tryptophan supplementation of diets for growing-finishing pigs. **Revue de l'Agriculture**, v.43, p.761-768, 1990.
- GUSIK, A.C.; MATTHEWS, J.O.; KERR, B.J.; BIDNER, T.D.; SOUTHERN, L.L. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. **J. Anim. Sci.**, v.84, p.2251-2259, 2006.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HAESE, D., DONZELE, J.L., OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Optimum ratio of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.73, p.482-489, 1995.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, triptófano and treonina. **Pig News and Information** (14-1) 35N-43N, 1993.
- HENRY, Y. Effects of dietary tryptophan deficiency in finishing pigs, according to age or weight at slaughter or live weight gain. **Livestock Production Science**, v.73, p.63-76, 1995.
- HENRY, Y., SÈVE, B., COLLEAUX, Y., GANIER, P., SALIGAUT, C., JE´GO, P. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **J. Anim. Sci.** v.70, p.1873- 1887, 1992.
- HENRY, Y.; SÈVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2700-2710, 1996.
- IRGANG, R.; GUIDONI, A.L.; BERLITZ, D.; CORSO, C. Medidas de espessura de toucinho e de profundidade de músculo para estimar rendimento de carne em carcaças de suínos. **R. Bras. Zootec.**, v.27, p.928-935, 1998.
- KENDALL, D.C.; GAINES, A.M.; KERR, B.J.; ALLEE, G.L. True ileal digestible tryptophan to lysine ratios in ninety- to one hundred twenty-five-kilogram barrows. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3004 - 3012, 2007.

- LE FLOC'H, N.; OTTEN, W.; MERLOT, E.; SÈVE, B. Tryptophan metabolism, from nutrition to potential therapeutic applications. **Amino Acids**, Springer, 2010, 11p.
- LE FLOC'H, N.; SÈVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: potential implications for pig feeding. **Livest. Sci.**, v.112, 23–32, 2007.
- LENIS, N.P.; VAN DIEPEN, J.T.M.; GOEDHART, P.W. Amino acid requirements for methionine – cystine, threonine and tryptophan of fastgrowing boars and gilts, fed ad libitum. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.38, p.577-595, 1990.
- LYON, B.G.; LYON, C.E. Research note: shear value ranges by instron warner-bratzler and single-blade allo-kramer devices that correspond to sensory tenderness. **Poultry Science**, v.70, p.188-191, 1991.
- LI, Y.Z.; BAIDOO, S.K.; JOHNSTON, L.J.; ANDERSON, J.E. Effects of tryptophan supplementation on aggression among group-housed gestating sows. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1899-1907, 2011.
- MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. New York: Cambridge University Press, 1986.
- MATTE, J.J.; LE FLOC'H, N.; PRIMOT, Y.; LESSARD, M. Interaction between dietary tryptophan and pyridoxine on tryptophan metabolism, immune responses and growth performance in post-weaning pigs. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.170, p.256-264, 2011.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MORENO, A.M.; SOBESTYANKY, J.; LOPEZ, A.C. et al. **Colheita e processamento de amostras de sangue em suínos para fins de diagnóstico**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 41), 1997, 30p.
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL - NPPC. **Procedures to evaluate market hogs**. 3rd ed. Des Moines: NPPC, 1991. 16p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirement of swine**. 11 ed. Washington DC: National Academic Press, 2012. 400p.
- NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. São Paulo: SARVIER, 5Ed., 2011, 1274p.
- PAIANO, D.; BARBOSA, O.R.; MOREIRA, I. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Science Animal Science**. v. 29, p. 345-351, 2007.
- PEREIRA, A.A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ABREU, M.L.T.; SILVA, F.C.O.; MARTINS, M.S. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.11, p.1984-1989, 2008.

- POLETTI, R.; MEISEL, R.L.; RICHERT, B.T.; CHENG, H.W.; MARCHANT-FORDE, J.N. Aggression in replacement grower and finisher gilts fed a short-term hightryptophan diet and the effect of long-term human–animal interaction. **Applied Animal Behaviour Science**, v.122, p.98-110, 2010.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa:UFV, 2007, 599p.
- RIBEIRO, A.M.L., PEDROZZO, S.A., KESSLER, A.M. Relações treonina:lisina no desempenho e metabolismo de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.205-210, 2006.
- 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, MG: UFV, 2011.252p.
- SUSENBETH, A.; LUCANUS, U. The effect of tryptophan supplementation of diets of restricted and unrestricted-fed young pigs. **J. Anim. Phys. Anim. Nut.**, p.331-336, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema para análise estatística e genética - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000, 142p.
- XIE, C.Y.; ZHANG, G.J.; ZHANG, F.R.; ZHANG, S.H.; ZENG, X.F.; THACKER, P.A.; QIAO, S.Y. Estimation of the optimal ratio of standardized ileal digestible tryptophan to lysine for finishing barrows fed low protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Czech J. Anim. Sci.**, v.59, p.26-34, 2014.

VII - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de haver uma inter-relação cientificamente consolidada entre o complexo metabolismo do triptofano e a piridoxina, no presente trabalho, a suplementação com piridoxina não apresentou efeitos consistentes sobre os parâmetros obtidos e não demonstrou interação com os níveis de triptofano digestível avaliados.

Embora exista considerável variação nos requerimentos de triptofano digestível, propostos em Tabelas nacionais e internacionais de exigências nutricionais para suínos, além de dados disponíveis na literatura, os níveis mínimos avaliados no presente estudo atenderam às exigências de suínos, machos castrados e fêmeas, nas fases de crescimento (50 aos 70kg) e terminação (70 aos 100kg).

Assim, as exigências de triptofano digestível para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 50 aos 70kg são inferiores a 0,140 e 0,150%, respectivamente. Para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 70 aos 100kg, as exigências de triptofano digestível foram inferiores a 0,130 e 0,140%; respectivamente. Em nenhum dos experimentos a piridoxina suplementar alterou as exigências de triptofano, sendo recomendado o nível de 1 mg/kg.

VIII –IMPLICAÇÕES

Em virtude do melhoramento genético, cada vez mais intenso, das diferentes condições ambientais e sanitárias e da variação nas condições climáticas existentes no país, o estudo frequente das exigências de triptofano digestível para suínos se justifica, não apenas pelo fato de compor a proteína muscular desses animais, como também por participar de vias do metabolismo envolvidas com a redução do estresse de criação e do abate, com a resposta imune a doenças e infecções e com a própria ingestão alimentar, diretamente envolvida no desempenho zootécnico.

Pelo fato de haver grande participação da piridoxina como cofator enzimático de reações envolvendo o triptofano, o estudo associado de ambos os nutrientes também é válido em pesquisas futuras, com vistas à potencialização dos efeitos benéficos do triptofano sobre as diferentes respostas dos animais (produtiva, imune, comportamental, entre outras).

A mensuração de alguns parâmetros ora avaliados deverá ser aprimorada, tal como o comportamento dos animais. Além disso, novos parâmetros deverão ser avaliados, tais como o conteúdo plasmático e salivar de cortisol, os níveis plasmáticos e a expressão gênica de neurotransmissores oriundos do triptofano (Ex: serotonina e melatonina) de enzimas envolvidas na síntese de produtos oriundos do triptofano (Ex: TPH1, TPH2, IDO, TDO, NAT e HIOMT) e de hormônios sintetizados por influência direta desse aminoácido (Ex: insulina, grelina e peptídeo inibidor gástrico).