

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DO USO DE PROGRAMAS DE LUZ E DE TRIPTOFANO  
SUPLEMENTAR NA DIETA SOBRE O DESEMPENHO,  
COMPORTAMENTO E PARÂMETROS DE ESTRESSE DE  
LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

LÍVEA MARIA GOMES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU - SP  
Dezembro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DO USO DE PROGRAMAS DE LUZ E DE TRIPTOFANO  
SUPLEMENTAR NA DIETA SOBRE O DESEMPENHO,  
COMPORTAMENTO E PARÂMETROS DE ESTRESSE DE  
LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

LÍVEA MARIA GOMES

Zootecnista

Orientador: Prof. Ass. Dr. Dirlei Antonio Berto

Co-orientador: Prof. Ass. Dr. Marcos Livio Panhoza

Tse

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia como parte das exigências  
para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Gomes, Lívea Maria, 1990-  
C374t      Efeitos do uso de programas de luz e de triptofano suplementar na dieta sobre o desempenho, comportamento e parâmetros de estresse de leitões recém-desmamados / Lívea Maria Gomes. - Botucatu: [s.n.], 2015  
            xii, 95 f. : fots. color., ils., tabs.

            Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2015  
            Orientador: Dirlei Antonio Berto  
            Coorientador: Marcos Livio Panhoza Tse  
            Inclui bibliografia

            1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Aminoácidos na nutrição animal. 3. Luz - Efeito fisiológico. I. Berto, Dirlei Antonio. II. Marcos Livio Panhoza Tse. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Lívea Maria Gomes, nasceu em 7 de maio de 1990 na cidade de Sorocaba - SP e é filha de José Fernando Gomes e Shirley Divo Gomes.

Em janeiro de 2008 iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP e em agosto de 2010 passou a ser bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, fato que se estendeu até julho de 2011.

Em fevereiro de 2012 viajou para os Estados Unidos para estagiar na University of Missouri no Department of Animal Science até julho de 2012. O título de Bacharel em Zootecnia foi obtido em agosto de 2012.

Ingressou, em agosto de 2013, no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP / Câmpus de Botucatu – SP, sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq de agosto de 2013 a julho de 2015. Submeteu-se a defesa de dissertação em 11 de dezembro de 2015.

## Ofereço

*À Deus, que me oferece todas as ferramentas para que eu possa realizar meus sonhos e me conforta nos momentos difíceis. Toda Honra e toda a Glória seja dada ao Senhor.*

## Dedico

*Aos meus pais, José e Shirley, pela educação, paciência, confiança, apoio financeiro e por todo o sacrifício para que eu tivesse sempre o melhor, não medindo esforços para o meu crescimento pessoal e profissional durante todas as etapas da minha vida.*

*À minha irmã e melhor amiga Laura por toda palavra de incentivo, oração e companheirismo.*

*Aos meus irmãos Letícia e Luiz Fernando sempre presente de uma forma ou de outra, torcendo pelo meu sucesso.*

*Aos amores da minha vida, Thainá e Cauani, por serem as sobrinhas mais amáveis deste mundo e por me fazerem tão bem.*

*Ao meu noivo e melhor amigo Adriano Pires pelo amor, incentivo, compreensão e ajuda com o projeto, você é essencial em minha vida (TE AMO).*

*Aos animais que despertaram em mim esse espírito investigativo.*

## **Agradecimentos**

*Inicialmente agradeço a DEUS nosso criador, pela possibilidade de vivenciar essa experiência, me iluminando, guiando e abençoando durante meu mestrado.*

*Ao Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto pela oportunidade de ser sua orientada e por toda atenção, ensinamentos, preocupações e paciência durante o mestrado. O senhor é um exemplo de sabedoria.*

*Ao Prof. Dr. Marcos Livio Panhoza Tse pela co-orientação, disponibilidade, dedicação, aprendizagem, bom humor e por ser modelo de profissional que almejo seguir.*

*P.S.: Eu certamente posso dizer que Deus colocou as pessoas certas para me direcionarem durante este período.*

*Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Botucatu pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos durante o Mestrado.*

*Ao Prof. Dr. José Roberto Sartori pela ajuda com ideias e disponibilidade da infraestrutura necessária para condução do projeto de pesquisa.*

*À Prof. Dr. Margarida Maria Barros por me receber com todo carinho e atenção em sua sala e me ajudar a aproveitar, da melhor forma possível, as ferramentas que*

*havam disponíveis para as análises. Agradeço por todo ensinamento durante as aulas. É com grande respeito e admiração que agradeço por ter participado da banca do exame geral de Qualificação e ter feito ótimas sugestões que somente uma pesquisadora tão dedicada e inteligente poderia fazer. Quando crescer, quero ser igual a senhora!*

*Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP que muito contribuíram para meu aprendizado.*

*À professora Dr. Silvia Regina Lucas de Souza pela ajuda com os equipamentos necessários para a condução do projeto de pesquisa.*

*À professora Dr. Maria Márcia Pereira Sartori pela ajuda na análise estatística.*

*Aos colegas Luan Sousa, Patricia Nardin, Jorge Armando, Mayra Saleh e aos funcionários dos setores Adriano, Franco, Maurício, Sérgio, Nico e Alexandre pela dedicação disposta durante a execução do experimento.*

*À Gabriela de Mello Miassi por toda amizade, companheirismo e colaboração durante a execução do trabalho.*

*Aos amigos e companheiros de profissão Daiane Marques, Anderson Cabral e Roberta Waldrop, com os quais venho dividindo alegrias e pelezas do percurso.*

*Aos meus sogros Tony e Lyris pelo apoio.*

*À todos que de alguma forma participaram do cumprimento de mais uma etapa importante da minha vida.*

**MUITO OBRIGADA!!!**

**Sim, peça sabedoria e grite pedindo entendimento.**

**Procure essas coisas, como se procurasse prata ou um tesouro escondido.**

**É o SENHOR quem dá sabedoria; a sabedoria e o entendimento vêm dele.**

**Ele dá ajuda e proteção a quem é direito e honesto.**

**Deus protege os que tratam os outros com justiça e guarda os que lhe obedecem.**

(Bíblia Sagrada - Provérbios 2)

**“A tarefa não é ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda  
pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”**

(Arthur Schopenhauer)

**"Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que  
sabe."**

(Aldous Huxley)

## SUMÁRIO

	Página
 <b>CAPÍTULO I</b>	
CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	02
1. Introdução .....	02
2. Revisão Bibliográfica .....	04
2.1. Fase Pós-Desmame .....	04
2.2. Triptofano .....	06
2.2.1. Metabolismo .....	07
2.2.2. Triptofano e estresse .....	10
2.2.3. Triptofano e apetite .....	12
2.2.4. Triptofano e sistema imunológico .....	14
2.2.5. Triptofano para suínos.....	15
2.3. Fotoperíodo .....	17
2.3.1. A glândula pineal .....	20
2.3.2. Fotoperíodo e comportamento .....	24
2.3.3. Uso de programas de iluminação para suínos .....	25
2.4. Estresse .....	28
2.4.1. Cortisol .....	29
2.4.2. Glicose .....	31
3. Justificativas e Objetivos .....	32
4. Referências Bibliográficas .....	32
 <b>CAPÍTULO II</b>	
DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ E TRIPTOFANO SUPLEMENTAR NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS .....	60
Resumo .....	61
Abstract .....	62
Introdução .....	63
Materiais e Métodos .....	64

Resultados .....	68
Discussão .....	69
Conclusões .....	76
Referências Bibliográficas.....	77

### **CAPÍTULO III**

IMPLICAÇÕES .....	89
-------------------	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

#### EFEITOS DE PROGRAMAS DE LUZ E SUPLEMENTAÇÃO DE TRIPTOFANO NA RAÇÃO SOBRE DESEMPENHO, PARÂMETROS INDICADORES DE ESTRESSE E COMPORTAMENTO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL.

	Página
<b>Tabela 1.</b> Composição percentual e nutricional das rações pré-iniciais I e pré-iniciais II .....	84
<b>Tabela 2.</b> Comportamentos observados nos animais durante a fase de creche e suas definições .....	85
<b>Tabela 3.</b> Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o desempenho de leitões em fase de creche .....	86
<b>Tabela 4.</b> Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o nível de glicose no sangue (mg/dL) de leitões em fase de creche aos 24 dias de experimentação .....	87
<b>Tabela 5.</b> Interação entre programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o nível plasmático de cortisol (nmol/L) de leitões aos 8 dias de experimentação .....	87
<b>Tabela 6.</b> Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre as médias das frequências relativas (%) dos comportamentos de leitões em fase de creche .....	88

**LISTA DE FIGURAS****CAPÍTULO I**

	Página
<b>Figura 1.</b> Metabolismo do triptofano .....	09
<b>Figura 2.</b> Biossíntese da melatonina .....	22

## ANEXOS

### CAPÍTULO II

#### EFEITOS DE PROGRAMAS DE LUZ E SUPLEMENTAÇÃO DE TRIPTOFANO NA RAÇÃO SOBRE DESEMPENHO, PARÂMETROS INDICADORES DE ESTRESSE E COMPORTAMENTO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL.

	Página
<b>Anexo 1.</b> Monitoramento das câmaras bioclimáticas .....	92
<b>Anexo 2.</b> Leitões realizando comportamento “ócio” no dia 2 .....	92
<b>Anexo 3.</b> Leitões realizando comportamento “em movimento” no dia 2 .....	93
<b>Anexo 4.</b> Leitões realizando comportamento “alimentar” no dia 2 .....	93
<b>Anexo 5.</b> Leitões realizando comportamento “ócio” e “alimentar” no dia 23 .....	94
<b>Anexo 6.</b> Leitões realizando comportamento “ócio” e “alimentar” no período de escuridão no dia 23 .....	94
<b>Anexo 7.</b> Atestado de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da FMVZ, UNESP .....	95

## **CAPÍTULO I**

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população humana mundial acarreta em maior demanda por alimentos de origem animal. A suinocultura, por sua vez, tem consolidado papel na produção de carne, pois estima-se no ano de 2015 a produção seja de 111.845 mil toneladas em equivalente carcaça de acordo com dados da USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. O Brasil destaca-se como quarto maior produtor e exportador de carne suína (ABPA, 2015).

A sociedade moderna com maior poder de compra exige, de forma cada vez mais intensa, que os alimentos de origem animal tenham não somente custo acessível, mas segurança alimentar, procedência e qualidade, além da questão do bem estar animal que vem se tornando uma tendência (BARBOSA, 2007).

Na constante busca para suprir as exigências do mercado, o sistema intensivo de produção de suínos vem se adaptando, com a utilização de técnicas que visam aumentar a produtividade dos animais, maximizar a eficiência de utilização dos alimentos, minimizar os custos de produção sem que hajam danos para o bem-estar animal e na qualidade do produto final.

A prática do desmame precoce de forma brusca com aproximadamente 21 dias de idade dos leitões tem sido adotada nas granjas tecnificadas após a década de 90 (RODRIGUES et al., 2001). Como consequência do desmame, os animais são expostos a um somatório de fatores estressantes: a quebra do vínculo materno-filial, mudança na alimentação (dieta líquida para sólida), troca de ambiente físico (da maternidade para a creche), deficiência no controle ambiental, aumento da exposição a patógenos e antígenos alimentares, mistura com leitões de outras leitegadas e dificuldade de adaptação a comedouros e bebedouros (PAJOR et al., 1991), implicando em problemas nutricionais, como a diminuição na ingestão de alimentos e consequente queda da capacidade de digestão de gorduras, carboidratos e proteínas pelo sistema gastrintestinal imaturo dos leitões.

Na tentativa de minimizar os problemas nutricionais relacionados com o desmame precoce, a utilização de aminoácidos industriais e a adoção do conceito de proteína ideal na formulação das dietas tem possibilitado melhorar o desempenho produtivo dos leitões

no período pós-desmame (PEREIRA, 2007; BISINOTO et al., 2007). Dentre os aminoácidos essenciais o triptofano se destaca para aves e suínos, pois além de ser um aminoácido potencialmente limitante da síntese proteica, é importante na resposta imune e participa como precursor de metabólitos como a serotonina, ácido nicotínico e melatonina que, por sua vez, influenciam o consumo de alimento, comportamento e qualidade da carne (JANSMAN, 2001). O aumento na ingestão de triptofano pode levar ao aumento de sua concentração no sangue e no cérebro e, conseqüentemente, a maior produção de seus metabólitos, podendo ser utilizado como uma estratégia principalmente para controlar o estresse e aumentar o consumo de ração dos leitões na fase pós-desmame (SHEN et al., 2012).

Por outro lado, o avanço nos estudos nas áreas de nutrição, genética e manejo na suinocultura pode estar limitado pelo ambiente de criação. Das variáveis ambientais, o ajuste da iluminação está relacionado ao incremento da produtividade, em animais desmamados como fonte de calor e em animais em terminação para estimular o consumo, mas também é responsável pelo aumento de custos com energia elétrica. Embora seja conhecida a importância e a influência que a iluminação artificial tem sobre as características de desempenho, comportamentais e fisiológicas em suínos, a literatura sobre o assunto, ainda, é relativamente pobre (BOCCUZZI, 2010), especialmente no que se refere aos efeitos da luz e sua importância no bem-estar e desempenho dos suínos (SARUBBI et al., 2013).

Em função da suinocultura possuir estreita margem de lucro e encontrar muitos desafios relacionados às oscilações do mercado, estudos sobre fatores ambientais como a luz podem influenciar diretamente a produtividade e os custos de produção.

Também têm sido implementadas ações normativas que visam proporcionar melhorias na qualidade de vida dos animais em sua cadeia produtiva como o decreto-lei nº 135/2003 dos Estados membros da União Europeia, incluindo Portugal (Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pesca, 2003), o regime de garantia da fazenda do Reino Unido (FREEDOM FOOD, 2003), a legislação Europeia (CEE, 2008), o Human Farm Animal Care (HFAC, 2008), que tratam das questões de bem-estar animal, como o controle da iluminação na suinocultura.

Hurnik (1992) caracterizou condição favorável de bem-estar animal como o “estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, com condições físicas e fisiológicas

ótimas e alta qualidade de vida”. O bem-estar dos suínos pode ser avaliado por meio das respostas fisiológicas ao estresse, como as alterações nos níveis de cortisol e de glicose sanguíneas. A manifestação de certos comportamentos também pode constituir evidências de desconfortos físicos e mentais (HURNIK, 2000), devido aos suínos apresentarem comportamento curioso, alta capacidade de aprendizagem e de serem dotados de complexo repertório comportamental (KILGOUR e DALTON, 1984; ROLLIN, 1995). Diante o exposto, justificam-se estudos que associem respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas recorrentes de ajustes ambientais e nutricionais nesta espécie animal.

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de triptofano nas dietas e de programas de iluminação artificial sobre o desempenho, níveis de glicose e de cortisol plasmático e comportamento de leitões na fase pré-inicial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Fase Pós-Desmame

Na natureza o desmame dos suínos ocorre de forma gradual e esse processo se completa entre 11 e 17 semanas de vida do leitão (HOTZEL e MACHADO FILHO, 2004); neste período a porca diminui a produção de leite e, pela convivência social, os leitões aprendem a ingerir alimentos sólidos e se relacionar com outros companheiros de grupo (JENSEN, 1995).

O desmame precoce, estratégia de manejo muito difundida na suinocultura, visa aumentar a produtividade especialmente com a redução do intervalo entre partos das matrizes e o consequente aumento no número de leitões produzidos por matriz por ano, além da otimização da utilização das instalações de maternidade (BRAUDE, 1978; MOITA et al., 1994; MORES et al., 1998). Como consequência do desmame destaca-se o comprometimento do consumo de ração, da conversão alimentar, da capacidade de digestão, da taxa de crescimento, da capacidade de resposta imune, da saúde gastrointestinal, do comportamento e bem estar (LE DIVIDICH e HERPIN, 1994; BOUDRY et al., 2004; WU et al., 2004).

Durante o desmame, os animais passam da dieta líquida (leite materno) com constituintes altamente digestíveis, baixo conteúdo de matéria seca e rico em gordura e lactose, para dieta seca com menor digestibilidade, menos palatável e formuladas,

principalmente, a base de alimentos de origem vegetal. Além da mudança da forma física e da composição da dieta, outros fatos importantes são a baixa capacidade física de ingestão de alimentos e a imaturidade do sistema digestório dos leitões desmamados precocemente com menor produção de enzimas e de ácido clorídrico, que prejudicam os processos de digestão e absorção (LINDEMANN et al., 1986; MAKKINK et al., 1994).

Com a retirada do leite materno ocorre queda do status imunológico predispondo os leitões a doenças entéricas e respiratórias (KELLY e COUTTS, 2000), isto porque o sistema imunológico do leitão recém-desmamado, ainda, é imaturo (GASKINS e KELLEY, 1995; MELLOR, 2000a) favorecendo a manifestação de doenças oportunistas (VIOLA e VIEIRA, 2003).

A idade de desmame que em 1960 era de 60 dias, teve queda para em torno dos 17 a 24 dias de idade (RODRIGUES et al., 2001), porém nesta idade os animais ainda não têm o tempo necessário para aprender a buscar outra fonte de alimento que não o leite materno (PAJOR et al., 1991), além disso, há dificuldade para reconhecer e satisfazer os estímulos de fome e sede separadamente (FOWLER e GILL, 1989; MELLOR, 2000b), resultando em baixa ingestão de alimento, que geralmente é insuficiente até mesmo para o atendimento da exigência energética de manutenção (FOWLER e GILL, 1989; PLUSKE et al., 1995), que é maior devido as condições estressantes impostas aos leitões (GENTRY et al., 1997; SIJBEN et al., 1998) e em alterações estruturais no epitélio intestinal, caracterizado principalmente pela redução na altura das vilosidades (ARGENZIO e SWENSON, 1993).

Ao mesmo tempo em que os leitões são separados de suas mães, eles também são misturados a outras leitegadas desconhecidas a fim de formar lotes homogêneos, desordenando a estrutura hierárquica construída durante a fase de lactação (FRASER e BROOM, 1990). A mistura de animais não familiarizados leva a interações agressivas até que se estabeleça nova ordem social no grupo, contudo, essas interações podem ser muito violentas e persistentes, especialmente pelo fato de que os animais confinados não têm a possibilidade de evitar o confronto (FERNANDEZ et al., 1994; RUIS et al., 2000; RUIS et al., 2001).

A privação do comportamento de mamar pode causar frustração e, conseqüentemente, pobre estado de bem-estar. É comum o aparecimento de comportamentos anômalos orais que são direcionados a outros leitões desmamados em

resposta à privação da vontade de mamar, causando incômodos e eventuais ferimentos nos animais que recebem essa ação e também podem ser resultantes do estresse do desmame precoce (HOTZEL e MACHADO FILHO, 2004). O mais comum é conhecido como “belly-nosing”, em que o leitão mostra sua motivação fazendo movimentos com a cabeça em outro leitão, simulando a massagem pré-amamentação (BROOM e FRASER, 2007). Segundo Poletto (2010), suínos que foram separados precocemente de suas mães quando eram leitões, demonstraram maior dificuldade em responder fisiologicamente e comportamentalmente a eventos estressantes.

Todos estes fatores mencionados fazem com que o desmame seja um período crítico para os leitões, afetando as respostas neurofisiológicas, endócrinas, físicas, comportamentais, o metabolismo e a homeostase (KOOPMANS et al., 2006). Os leitões, portanto, precisam adaptar-se a todos esses fatores de estresse rapidamente, a fim de serem produtivos e eficientes (CAMPBELL et al., 2013). No entanto, o desafio gerado pela redução da idade ao desmame oportunizou aos pesquisadores a busca por manejos e estratégias nutricionais que proporcionem bom desempenho, com custo compatível com a atividade suinícola (SOBESTIANSKY et al., 1998).

## **2.2. Triptofano**

O L-triptofano, aminoácido essencial hidrofóbico polar, é precursor de compostos bioativos e limitantes para a síntese de proteínas. Este aminoácido deve ser fornecido por meio da ração, visto que sua síntese não pode ser realizada pelo animal (PEREIRA, 2007).

Entre os 20 aminoácidos que constituem as proteínas, o triptofano é um dos encontrados em menor proporção em proteínas e no plasma (LE FLOC'H et al., 2011). O teor médio de triptofano na proteína corporal é de 1,2% que é menor do que outros aminoácidos essenciais, tais como a lisina (7,6%), leucina (7,1%) e treonina (4,0%) (MAHAN e SHIELDS, 1998). Quando o triptofano é suplementado na dieta além da exigência para a síntese proteica, pode ser usado como suplemento terapêutico (LI et al., 2006). Entretanto, apesar de alguns metabólitos do triptofano terem ações desejáveis, alguns outros são conhecidos por serem tóxicos ou por aumentarem o estresse oxidativo (LE FLOC'H et al., 2011).

Uma das mais importantes funções fisiológicas do triptofano é sua utilização na síntese de proteínas. Em suínos jovens em crescimento, 54% do triptofano ingerido na

dieta foi retido na proteína corporal quando o triptofano foi fornecido abaixo da exigência, mas essa proporção diminuiu quando a oferta excedeu a exigência (SAWADOGO et al., 1997). Para leitões é normalmente o quarto aminoácido limitante nas rações a base de milho e farelo de soja comumente usadas no Brasil (NOGUEIRA et al., 2012).

### 2.2.1. Metabolismo

O triptofano é facilmente absorvido pelos capilares da parede intestinal, a maior parte dele, cerca de 80-90%, é transportado no sangue pela albumina, diferentemente de outros aminoácidos (PARDRIDGE, 1979), assim, apenas 10-20% de triptofano está presente como forma livre no plasma. Alguns ácidos graxos não esterificados e alguns medicamentos podem modificar a ligação do triptofano a albumina (LE FLOC'H et al., 2011).

O transporte do triptofano pode ser alterado pela concorrência exercida por outros aminoácidos, como valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, tirosina e metionina, que se ligam aos mesmos transportadores (HENRY et al., 1992; BOISEN et al., 2000; PEREIRA, 2007). Pereira et al. (2008) afirmaram que na deficiência, a concorrência com outros aminoácidos neutros de cadeia longa pode diminuir ainda mais as quantidades de triptofano disponíveis para serem metabolizados.

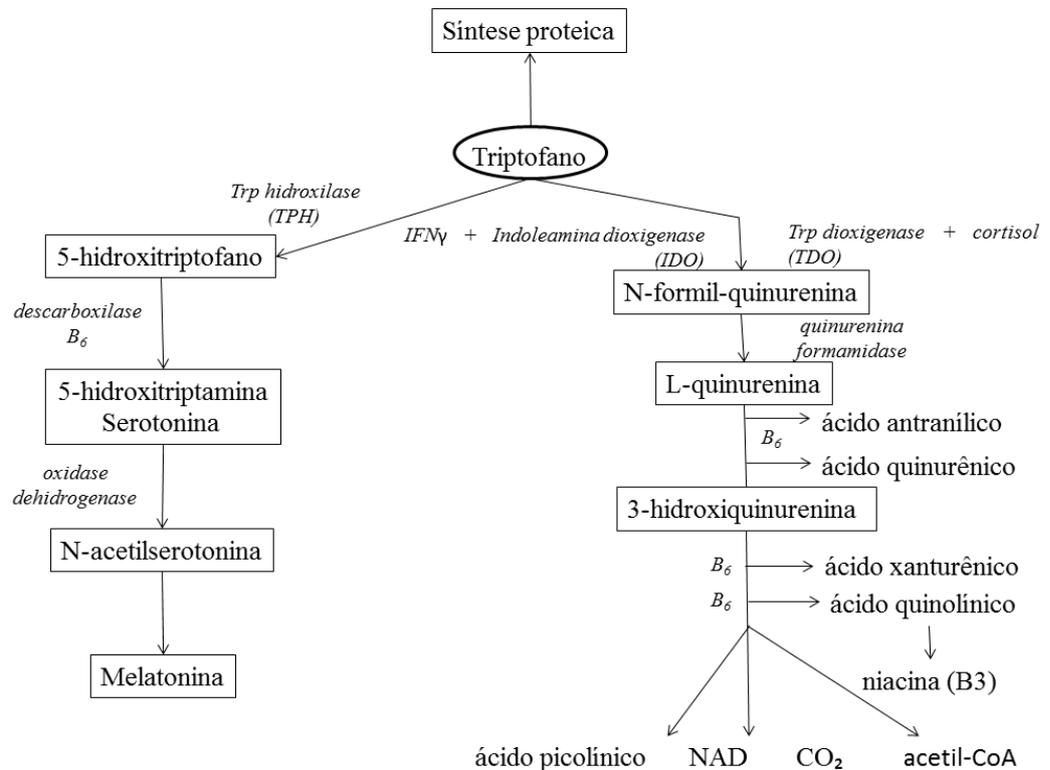
O cérebro é capaz de detectar o desbalanço da concentração de aminoácidos livres no plasma e adapta a permeabilidade da membrana hematoencefálica. Assim, o teor proteico da dieta influencia a utilização do triptofano pelo organismo (LE FLOC'H e SÈVE, 2007). Portanto, a eficiência da utilização de determinado aminoácido é dependente da concentração adequada de outros aminoácidos e do teor proteico da dieta (HENRY et al., 1992; MILLET, 2012). Em contrapartida, a dieta rica em carboidratos proporcionará aumento de triptofano utilizado pelo cérebro (LE FLOC'H e SÈVE, 2007). Nørgaard et al. (2015) afirmaram que o aumento do nível de triptofano na dieta de leitões desmamados reduziu a concentração de ureia no plasma, indicando melhor utilização da proteína dietética.

Para maior produção de serotonina pelo cérebro, quantidade maior tanto de triptofano em forma livre, quanto de triptofano ligado a proteínas da dieta é necessária (SÈVE, 1999). O L-triptofano industrial suplementado na dieta eleva rapidamente o seu nível plasmático, enquanto que, o triptofano ligado a proteínas da dieta leva mais tempo

para aparecer na corrente sanguínea e afetar a produção de serotonina (SÈVE, 1999). Para maximizar a utilização do triptofano no cérebro é importante, além de aumentar o triptofano, manter adequada a concentração de outros aminoácidos neutros de cadeia longa da dieta (SÈVE, 1999).

Os compostos provenientes do triptofano são formados em duas rotas ou vias metabólicas (Figura 1): via serotoninérgica e via das quinureninas e essas rotas são dependentes de quantidades adequadas de biopterina, magnésio e piridoxina (B<sub>6</sub>) para que haja a conversão deste aminoácido em seus subprodutos (PAREDES et al., 2009). A via serotoninérgica, ativada principalmente em plaquetas, no intestino e neurônios de nervos serotoninérgicos, converte o triptofano em serotonina em duas etapas: a conversão do triptofano em 5-hidroxitriptofano pela enzima triptofano hidroxilase (TPH) e a descarboxilação do 5-hidroxitriptofano em serotonina (5-HT ou 5-hidroxitriptamina). Duas isoformas de TPH são conhecidos: TPH1 em células enterocromafim e TPH2 em neurônios. Este último passo é dependente da vitamina B<sub>6</sub> (LE FLOC'H et al., 2011). A utilização e metabolismo do triptofano pelo intestino não tem colaboração expressiva, exceto nos leitões recém-nascidos (CVITKOVIC et al., 2004).

Na via da quinureninas, o triptofano é oxidado pelas células imunes (astrócitos, micróglia, macrófagos e células dendríticas) (RUDDICK et al., 2006) a N-formilquinurenina que, subseqüentemente, é deformilada pela enzima quinurenina formamidase e transforma-se em L-quinurenina, um dos primeiros metabólitos de uma via complexa associada à defesa do organismo e regulação da resposta imunológica durante inflamações, infecções e a gestação (KURIBAYASHI, 2011). A contribuição das vias metabólicas do triptofano pode ser diferente, de acordo com o estado fisiológico e patológico. Além disso, a proporção de triptofano a ser metabolizado a serotonina ou quinurenina é totalmente dependente da capacidade de síntese proteica (LE FLOC'H et al., 2011).



**Figura 1.** Metabolismo do triptofano (Le Floc'h et al., 2011; Kuribayashi, 2011).

As enzimas indoleamina 2,3-dioxigenase (IDO) e triptofano 2,3-dioxigenase (TDO) são capazes de catalisar a conversão de triptofano em N-formil-quinurenina. A primeira enzima é encontrada na maioria dos tecidos, enquanto a TDO é localizada principalmente no fígado, além disso, diferem quanto a estrutura, especificidade do substrato, exigência de cofatores e função (LE FLOC'H et al., 2011).

A enzima TDO é limitadora da velocidade para a entrada do triptofano na via da quinurenina, isso devido sua baixa afinidade com o triptofano que faz com que esta rota seja ativada somente quando as concentrações de triptofano excederem a exigência de síntese proteica e de serotonina (MURRAY, 2003). Vários fatores são responsáveis por regular a ação da TDO, como o seu próprio substrato (KNOX e MEHLER, 1951), glicocorticóides e glucagon (KNOX e AUERBACK, 1955; SCHUTZ e FEIGELSON, 1972). A atividade do TDO é reduzida em eventos inflamatórios devido à alta atividade da enzima IDO extra-hepática (TAKIKAWA et al., 1986). Sendo assim, o fígado por intermédio da ação da TDO, é responsável pela degradação do triptofano em excesso e controle da homeostasia do triptofano no plasma, evitando assim o acúmulo e a toxicidade do triptofano em tecidos e no plasma (LE FLOC'H et al., 2011).

Do ponto de vista quantitativo, não há estimativa real do uso do triptofano em cada rota. Porém, estima-se que cerca de 95% do triptofano absorvido é metabolizado pela via das quinureninas resultando em produção de NAD e outros metabólitos como a niacina, além de CO<sub>2</sub> e ATP pela via  $\alpha$ -cetoglutarato (PETERS, 1991). A L-quinurenina é precursora de uma série de compostos com potencial atividade biológica especialmente neurotóxica como, por exemplo, 3-hidroxiquinurenina, o ácido quinolínico e ácido picolínico que estão associados a doenças do sistema nervoso central (STONE, 2001; SMITH et al., 2007).

Em média de 4 a 6% do triptofano da dieta sofre degradação bacteriana no intestino, 0,5% é excretado na urina e apenas 1% a 2% é convertido na via serotoninérgica (BENDER, 1983). Wolf (1974) afirmou que menos de 1% do triptofano ingerido será convertido em serotonina.

A enzima triptofano hidroxilase que limita a taxa de síntese de serotonina a partir do triptofano, tem atividade parcial de sua capacidade, de tal modo que o aumento do triptofano disponível pode dobrar a taxa de síntese de serotonina (CARLSON, 1977; HEINE et al., 1995; SAINIO et al., 1996). O transporte e a disposição do triptofano parecem ser fatores limitantes para a síntese de serotonina pelo cérebro (PARDRIDGE, 1998; LE FLOC'H e SÈVE, 2007).

A contribuição de triptofano ao metabolismo energético é dupla, por um lado, é cetogênica, ou seja, ela forma acetil coenzima A, e, por outro, é glucogênico, pois produz alanina (GÓMEZ e LLORCA, 2000).

### 2.2.2. Triptofano e Estresse

O mecanismo pelo qual o triptofano pode interagir com a resposta ao estresse não é totalmente elucidado. Porém, sabe-se que está envolvido com a produção e “turnover” de serotonina no cérebro (LEATHWOOD, 1987). A serotonina ou 5-hidroxitriptamina (5-HT) é uma monoamina biogênica de baixo peso molecular pertencente ao grupo indol que atua como neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central (PEREIRA, 2007). Desenvolve papel fundamental na regulação de processos comportamentais e fisiológicos dos animais, tais como regulação de temperatura, apetite (ZHANG et al., 2007), regulação das funções gastrintestinais, hemodinâmica (LE FLOC'H et al., 2011), secreção de hormônios do estresse (ADEOLA et al., 1993; LEPAGE et al., 2003; KOOPMANS et al.,

2005), imunidade (MELCHIOR et al., 2004; LE FLOC'H et al., 2009), regulação do ritmo circadiano, comportamento agressivo (CORTAMIRA et al., 1991) e sexual, sensibilidade à dor, humor (MARKUS et al., 2000) e bem estar (MEUNIER-SALAÜN et al., 1991; SHEN et al., 2012). Dennis et al. (2014) encontraram relação entre a concentração de serotonina no sangue do cordão umbilical no momento do nascimento e no cérebro oito horas após o nascimento, no comportamento nos primeiros dois dias de vida dos leitões com a mortalidade e déficit de crescimento destes animais no período de maternidade.

A serotonina não é capaz de atravessar a barreira sanguínea do cérebro, portanto, os seus efeitos no sistema nervoso central (SNC) dependem da transferência de triptofano por entre essa barreira e uma vez dentro do SNC, o triptofano é facilmente convertido a serotonina (LI et al., 2006) e após sua síntese, a serotonina é liberada a partir das vesículas sinápticas para a fenda sináptica, onde se liga aos seus receptores específicos. A deficiência de triptofano prejudica a síntese da serotonina no cérebro (HENRY et al., 1996).

O sistema serotoninérgico reage a fatores estressantes (MASON, 1968; LEPAGE et al., 2005). Frente ao estresse há maior “turnover” da serotonina pelo cérebro (CHAULOFF, 1993; BAGDY, 1995) possibilitando melhor resposta adaptativa (DEAKIN e GRAEFF, 1991; GRAEFF et al., 1996).

A serotonina parece estimular a secreção de cortisol em mamíferos, porém esse mecanismo não está claro (DINAN, 1996). Em contraste, em peixes sob condições de estresse a serotonina pode ser fator inibitório no eixo hipotalâmico-pituitário-adrenocortical, por meio da modulação da secreção do hormônio liberador de corticotrofina (HÖGLUND et al., 2002).

A liberação da serotonina durante o período em que o animal se encontra em vigília atua também como modulador positivo na produção do hormônio melatonina (PAREDES et al., 2009), pois, alguns tecidos são capazes de utilizá-la para essa síntese, numa via intermediada por N-acetilserotonina.

Em teoria, o aumento das concentrações dietéticas de triptofano pode ser usado como estratégia nutricional e farmacológica para controlar o estresse e comportamentos agressivos elevando os níveis circulantes de serotonina e melatonina no organismo (ADEOLA e BALL, 1992; VAN HIERDEN et al., 2004). O uso do triptofano na dieta pode reduzir a agressividade e aliviar o estresse em muitas espécies, tais como humanos

(MARKUS et al., 1998; ATTENBURROW et al., 2003), suínos (MEUNIER-SALAÛN et al., 1991; ADEOLA e BAL, 1992; PEREIRA et al., 2008; SÈVE., 1999; POLETTO, 2010), roedores (GIBBONS et al., 1979; LEATHWOOD, 1987 ), galinhas (SHEA et al., 1990; LAYCOCK e BALL, 1990; SHEA-MOORE et al., 1996; ROSEBROUGH, 1996; SAVORY et al., 1999; VAN HIERDEN et al., 2004) e peixes (WINBERG et al., 2001; LEPAGE et al., 2002). Além disso, para cavalos, altas dosagens de triptofano foram propostas para efeito sedativo (GRIMMETT e SILENCE, 2005). Em humanos, algumas desordens psiquiátricas como síndromes de ansiedade, irritabilidade, depressão e pânico, são tratadas com drogas serotoninérgicas alcançando bons resultados (HENRY e MEEHAN, 1980; CHAOULOFF, 1993; HUWIG-POPPE et al., 1999; RUSSO et al., 2003).

Referente a leitões recém-desmamados, se o triptofano é capaz de reduzir o estresse e a sensibilidade dos animais, poderia determinar aumento no consumo de ração, melhorando a integridade gastrointestinal e o desempenho geral de crescimento (KOOPMANS et al., 2006). Para que a suplementação de triptofano seja modeladora da resposta ao estresse e da sensibilidade dos animais, são necessárias doses muito acima do que é recomendado/ ou a deficiência deste aminoácido (KOOPMANS et al., 2005; GUZIK et al., 2006), visto que, sua suplementação na dieta em doses que apenas atendam as exigências nutricionais ocasiona efeitos mais discretos ou inexistentes (MEUNIER-SALAÛN et al., 1991).

Tem sido relatado que a suplementação de triptofano na dieta pode impactar positivamente a qualidade de carne de suínos que passaram por algum tipo de estresse (LE FLOC'H e SEVE, 2007). O triptofano suplementado é capaz de reduzir a severidade e a frequência do aparecimento de carne tipo PSE (pálida, macia e exsudativa) (ADEOLA e BALL, 1992; GUZIK et al., 2006), deste modo, pode ser utilizado para animais em fase de terminação para diminuir o estresse do abate e melhorar a qualidade de carne (PETHICK et al., 1997).

### 2.2.3. Triptofano e Appetite

A deficiência de triptofano reduz significativamente a taxa de crescimento e em suínos. Este efeito deve-se, principalmente, à redução do apetite (HENRI et al., 1996; EDER et al., 2001), o que não é uma resposta comum para outros aminoácidos limitantes,

exceto para a valina. O triptofano pode ser um nutriente chave na modulação do consumo de ração. Portanto, a concentração adequada de triptofano na dieta é importante logo após o desmame, quando o apetite e o consumo de ração limitam o desempenho. A relação entre triptofano, síntese da serotonina e apetite é discutível, visto que a serotonina é usualmente considerada mediadora da saciedade (LE FLOC'H e SÈVE, 2007).

Leitões com ingestão deficitária de triptofano demonstraram alterações na concentração plasmática deste aminoácido, limitação de síntese proteica e menor crescimento, além disso, quando os suínos podem escolher entre uma dieta pobre e uma dieta rica em triptofano, eles demonstraram clara preferência pela dieta rica em triptofano (ETTLE e ROTH, 2004). Leathwood (1987) afirmou que a serotonina pode atuar como sensor que detecta a proporção de energia vinda tanto das proteínas quanto dos carboidratos da dieta, o que pode influenciar esta escolha.

Cerca de 95% da serotonina corporal está presente no intestino onde atua como importante neuromediador envolvido em mecanismos de motilidade e de secreção (LE FLOC'H et al., 2011). Zhang et al. (2007) demonstraram que, em suínos, o triptofano estimula a concentração no plasma e a expressão de mRNA no duodeno e estômago da grelina. De acordo com esses autores, o estímulo no aumento do consumo, em leitões, é proporcionado pelo maior nível circulante desse hormônio.

A grelina é um hormônio gastrointestinal, conhecida como hormônio da fome, pois, é responsável por estimular o apetite. Uma das principais funções deste peptídeo é aumentar a secreção do hormônio do crescimento (GH) (KOJIMA et al., 2001), além disso, a grelina está diretamente envolvida na regulação do balanço energético a curto prazo, estimula a secreção lactotrófica e corticotrófica, controla a secreção ácida e a motilidade gástrica, influencia a função endócrina pancreática e metabolismo da glicose e ainda tem ações cardiovasculares e efeito antiproliferativos em células neoplásicas (ROMERO e ZANESCO, 2006). Para Crispim et al. (2007) o padrão de ingestão alimentar e possíveis desajustes nutricionais são dirigidos pela ritmicidade e o sincronismo da grelina e da leptina.

A leptina produzida nos adipócitos, também é conhecida como hormônio da saciedade, pois, é responsável pelo controle da ingestão alimentar, o aumento do gasto energético, atua na regulação da função neuroendócrina e no metabolismo de lipídeos e da glicose, além disso, influencia os sistemas hematopoiético, imunológico, reprodutor e

cardiovascular (ROMERO e ZANESCO, 2006). A leptina inibe a produção de grelina (GIBBERT e BRITO, 2011). Durante o estresse ocorre o aumento dos níveis de cortisol que por sua vez, estimula o aumento dos níveis de leptina (NEGRÃO e LICINIO, 2000).

O triptofano também pode estar envolvido com a modulação da secreção e sensibilidade a insulina pela influência no metabolismo da glicose (CORTAMIRA et al., 1991). Uma das hipóteses é que o triptofano tenha a capacidade de aumentar a taxa de esvaziamento gástrico e a taxa de absorção de glicose (PONTER et al., 1994a). Um segundo mecanismo estaria associado com o papel do triptofano no aumento da secreção de insulina, por intermédio da liberação de uma incretina pela mucosa intestinal, o peptídeo insulinoatrópico glicose-dependente ou GIP (PONTER et al., 1994a). Contudo, também há a possibilidade de que baixos níveis de triptofano na dieta associado a altos níveis plasmáticos de insulina e glicose possam levar o organismo a um estado de resistência a ação da insulina (PONTER et al., 1994b). A função de controlador de apetite de leitões se torna muito importante, visto que, em leitões desmamados precocemente, o aumento da ingestão de alimento é importante (OLIVEIRA JÚNIOR, 2012).

#### 2.2.4. Triptofano e Sistema Imunológico

A degradação do triptofano acontece em várias células do sistema imunológico que possuem a enzima IDO, incluindo células apresentadoras de antígenos como macrófagos e células dendríticas, fibroblastos e trofoblastos da placenta. O interferon alfa ( $IFN\alpha$ ) e interferon gama ( $INF\gamma$ ), além do fator de necrose tumoral alfa ( $TNF\alpha$ ) podem induzir essas células a degradar o triptofano (MELLOR et al., 2005; POPOV e SCHULTZE, 2008; O'CONNOR et al., 2009) e, provavelmente, estão envolvidos com a regulação da proliferação de células T e linfócitos (LE FLOC'H e SÈVE, 2007). Sendo assim, animais em processos inflamatórios crônicos apresentam menores níveis de triptofano no plasma.

A resposta inflamatória do intestino conta com o efeito regulador da enzima IDO em células T (LE FLOC'H et al., 2011). No cérebro a ativação da IDO tem sido associada a regulação negativa de neuroinflamação (SMITH et al., 2007). A depleção do triptofano pela enzima IDO do metabolismo da via das quinureninas em macrófagos também é capaz de mediar efeitos antimicrobianos (DÄUBENER e MACKENZIE, 1999; MACKENZIE

et al., 2007) e de ativar células capazes de inibir o crescimento de patógenos (PFEFFERKORN, 1984; MACKENZIE et al., 1998).

No fígado, além da rota das quinureninas, durante desafios inflamatórios, infecções ou traumas, o triptofano participa da síntese de algumas proteínas como fibrinogênio, haptoglobina, proteínas de fase aguda e proteína C reativa (REEDS et al., 1994).

Igualmente, Melchior et al. (2004) descreveram a atuação do triptofano na retirada de radicais livres e como antioxidante em caso de doenças ou em estados inflamatórios. A proteção contra danos oxidativos nas células deve-se a ação da enzima IDO, que é capaz de consumir ânions superóxido (HAYAISHI, 1996). Além disso, alguns compostos resultantes da via das quinureninas como o ácido 3-hidroxi-antranílico e 3-hidroxi-quinurenina parecem ter propriedades antioxidantes (CHRISTEN et al., 1990).

Le Floc'h et al. (2004) afirmaram que a resposta inflamatória pode ser reduzida em suínos que recebem suplementação de triptofano (0,20% de triptofano digestível) quando comparado aos que recebem dietas com baixos níveis de triptofano, além de encontrarem menores níveis plasmáticos de haptoglobina, proteína de fase aguda usada como indicadora de processos inflamatórios. As consequências dos processos inflamatórios e imunossupressores podem prejudicar a utilização do triptofano para deposição proteica, crescimento e todos outros processos metabólicos que envolvem este aminoácido (LE FLOC'H e SÈVE, 2007). Quando oferecido em doses superiores aquelas indicadas para ótimo desempenho para leitões desmamados, o triptofano pode agir como imunoestimulante, mantendo altos níveis deste aminoácido no plasma e evitando ou diminuindo os efeitos negativos consequentes da resposta inflamatória desencadeada pelo desmame e pelo status sanitário do ambiente de alojamento (LE FLOC'H et al., 2006), o que sugere que a exigência de triptofano pode ser influenciada pela qualidade sanitária do ambiente em que o animal se encontra.

#### 2.2.5. Triptofano para suínos

No Brasil, as dietas formuladas para suínos são a base de farelo de soja e milho, como fontes de proteína e energia, respectivamente. A combinação destes dois ingredientes nem sempre fornece a quantidade adequada de alguns aminoácidos essenciais (BAKER, 2009). O milho oferece uma quantidade precária de triptofano,

aproximadamente 0,05% de triptofano digestível, enquanto que a soja apresenta níveis superiores, cerca de 0,58% de triptofano digestível (ROSTAGNO et al. 2011). A combinação destes ingredientes nem sempre atende às exigências por este aminoácido (WU et al., 2014) o que torna necessário à sua suplementação na forma sintética, L-triptofano.

A suplementação do triptofano em dietas tem sido mostrada para leitões (SÈVE e LE FLOC'H, 1998; EDER et al., 2001), suínos em crescimento (HENRY et al., 1996) e em fase de terminação (HENRY et al., 1992). As estimativas para a exigência de triptofano em suínos variam entre os estudos e podem ser afetadas por idade, raça, sexo, condições ambientais, modelo de regressão para estimar e forma de expressar a exigência, e composição das dietas experimentais (concentrações Lys, energia e AA) (JANSMAN, 2001). Segundo Nogueira et al. (2012), a recomendação nutricional da relação triptofano/lisina é de 0,18% para suínos em crescimento e pode ser aumentada para 0,22%, nas rações de leitões em período de creche com o objetivo de aumentar o consumo de ração.

A relação entre triptofano e a síntese proteica é de grande importância para suínos, visto que, o triptofano é um aminoácido limitante do crescimento proteico, além disso, em dietas formuladas especialmente a base de milho para suínos em crescimento faz-se necessário sua suplementação. Os suínos apresentam altas taxas de crescimento e portanto, necessitam de aminoácidos suficientes para garantir esse crescimento.

Num estudo de dose resposta, Shen et al. (2012) testaram dietas com 0,19%; 0,39%; 0,59%; 0,79%; 0,99% e 1,18% de triptofano para suínos em fase de creche e encontraram aumento linear do ganho de peso com a suplementação de triptofano, além de mudanças comportamentais, maior produção de serotonina, menores níveis de hormônios do estresse e menor peroxidação lipídica.

Ao suplementar a dieta com triptofano (0,5%) para leitões desmamados, Koopmans et al. (2006) observaram aumento da atividade serotoninérgica do hipotálamo, menor concentração de cortisol salivar e melhora na morfologia intestinal, porém, não houve efeito sobre a reatividade comportamental dos animais. Em outro experimento, os mesmos autores encontraram menores concentrações plasmáticas de cortisol e noradrenalina em leitões que receberam dietas suplementadas com 0,5% de triptofano e concluíram que os animais recebendo maior dose de triptofano tiveram menor propensão

a serem afetados pelo estresse (KOOPMANS et al. 2005). Além disso, nesses estudos Koopmans et al. (2005, 2006) sugeriram que animais alimentados com altas doses de triptofano e desafiados com estresse tendem a se recuperar mais rápido.

Um comportamento normal dos suínos em condições de campo e a redução de comportamentos agressivos no abatedouro foram observados após suplementação por cinco dias com 0,5% de L-Triptofano (PETHICK et al., 1997). Meunier-Salaün et al. (1991) utilizaram dietas com 0,14% e 0,32% de triptofano na dieta de leitões desmamados e observaram para o maior nível melhor estabilidade comportamental e dos níveis séricos de cortisol dos animais sob condições de estresse.

### **2.3. Fotoperíodo**

Na natureza, fatores como a disponibilidade de alimento, de água e as variações sazonais de temperatura são sinalizados pelo fotoperíodo (duração do dia em relação à noite, num período de 24 horas) que influencia o metabolismo e alguns comportamentos de espécies animais em seu “habitat” natural. Isto por que, os ritmos biológicos ocorrem com periodicidades que variam de minutos a anos e em alguns sistemas essa periodicidade é circadiana, ou seja, com duração de 24 horas (INGRAM e DAUNCEY, 1985). Dentre os fatores que modelam os ritmos diários das atividades dos animais, as condições de iluminação no prazo de 24 horas têm forte influência no metabolismo (AMARAL, 2012).

A luz incidente nos olhos é um sinal captado na retina pela região sensorial composta por fotorreceptores, cones e bastonetes. Os fotorreceptores percebem a luz e são capazes de converter esse sinal eletromagnético em uma mensagem, transmitindo o impulso nervoso até as células bipolares, que repassam o estímulo até células ganglionares via nervo ótico, chegando ao hipotálamo e a glândula pineal, que à partir de ações efectoras é responsável por regular o ritmo circadiano, também chamado de biorritmo (controle das atividades metabólicas do indivíduo a partir da luz), que conduzem a eventos bioquímicos que influenciam o desempenho dos animais (ARAÚJO et al., 2011).

A iluminação também desempenha papel importante no bem-estar animal uma vez que está relacionada com comportamentos básicos delineados pela visão do alimento e de seus companheiros (BALDWIN, 1979). Porém, o excesso de luminosidade pode

causar ofuscamento da visão e interfere negativamente no bem-estar dos animais (SARUBBI et al., 2013).

Em algumas espécies domésticas é feito o uso da manipulação, tanto da qualidade quanto da quantidade da luz, para induzir o aumento da produção. Em caprinos, ovinos e equinos, os efeitos da sazonalidade destacam-se principalmente no desempenho reprodutivo destas espécies, pois o manejo da luz tem a capacidade de aumentar a atividade sexual dos mesmos (JOHNSON, 1987; EBLING et al., 1989; CHEMINEAU et al., 1992). Em poedeiras e matrizes de frango de corte os programas artificiais de luz têm sido utilizados para melhorar o ganho de peso, controlar a idade da maturidade sexual e aumentar a produção de ovos (BONI e PAES, 1999; GEWEHR, 2011). Além disso, em frangos de corte as variações no fotoperíodo exercem influência na ingestão de ração (MORAES et al., 2008).

Tanto o suíno selvagem como o doméstico são capazes de reagir frente à mudança no fotoperíodo, porém os suínos selvagens são considerados reprodutores sazonais, enquanto os suínos domésticos se reproduzem ao longo de todo ano (TAST et al., 2001a; HÄLLI et al., 2008). Apesar das fêmeas suínas confinadas não apresentarem padrão sazonal bem definido, pode-se observar diferença entre as estações quanto a idade a puberdade (PELTONIEMI et al., 2000), taxa de parição (XUE et al., 1994; PELTONIEMI et al., 1999), intervalo desmame-estro (BRITT et al., 1983; CLARK et al., 1986; HANCOCK, 1988; PRUNIER et al., 1996), e no tamanho da leitegada (CLAUS e WEILER, 1985; PRUNIER et al., 1993). Isto ocorre pelo fato de seus ancestrais serem reprodutores sazonais e durante o final do verão e começo do outono se abstinham da reprodução para evitar partos no inverno enquanto ocorria escassez de alimentos. Este fenômeno é denominado infertilidade sazonal (MAUGET, 1982; MAUGET, 1985; PELTONIEMI et al., 2000). Porém, vale enfatizar que o fotoperíodo no Brasil tem pouca variabilidade do verão para o inverno, sendo aproximadamente de três horas (MELLAGI et al., 2006). Ingram e Dauncey (1985) afirmaram que o ritmo circadiano como guia das atividades persistem em roedores e aves mantidas em ambientes controlados, ao passo que tais ritmos são rapidamente perdidos em suínos jovens e que a fraca influência do ritmo circadiano sobre o suíno selvagem tornou mais fácil sua domesticação.

Embora o ritmo circadiano seja influenciado por fatores externos, incluindo a luz, a literatura sobre os efeitos da iluminação na produtividade e bem-estar dos suínos é

relativamente pobre (AGUGGINI et al., 1992). A iluminância e o número de horas de luz que os suínos necessitam por dia e que atendem as necessidades fisiológicas dos mesmos, ainda não são bem definidos cientificamente (MAIA et al., 2013). Sendo assim, não há embasamento sólido para que a legislação mundial que rege o bem-estar, bem como normas de boas práticas e produção, norteiem questões sobre luminosidade.

A legislação no Reino Unido (FREEDOM FOOD, 2003) determina que os animais confinados tenham acesso a área iluminada com no mínimo 50 lux durante pelo menos oito horas contínuas e que também tenham acesso a uma área escura por no mínimo seis horas contínuas. A legislação Européia (CEE, 2008) recomenda que os suínos recebam iluminação por no mínimo oito horas por dia com intensidade de 40 lux ou mais. Taylor et al. (2006) concluíram que a iluminância de 40 lux não é nem preferida nem aversiva aos suínos e Cocchi et al. (2009) afirmaram que com até 80 lux os animais estão em bem-estar. O Human Farm Animal Care (HFAC, 2008) não determinou o número de horas de luz que os suínos devem receber, somente recomendaram iluminação mínima de 50 lux na altura dos olhos dos animais.

O hormônio cortisol apresenta alta resposta ao ritmo circadiano em mamíferos. Vários estudos mostraram mudanças circadianas na concentração do cortisol para mamíferos diurnos, com níveis elevados no início da manhã seguido de declínio e nível mais baixo a noite (WHIPP et al., 1970; JANSSENS et al., 1995). Em suínos, as concentrações basais de cortisol no sangue são geralmente mais elevadas na parte da manhã, em relação à tarde e à noite (BARNETT et al., 1981). Griffith e Minton (1991) determinaram maiores níveis de ACTH (hormônio adrenocorticotrófico) em suínos machos adultos alojados em escuridão constante quando comparados a iluminação constante.

Outro hormônio que apresenta ritmo circadiano é a leptina, seu pico de liberação ocorre durante a noite e às primeiras horas da manhã (ROMERO e ZANESCO, 2006).

A alteração da intensidade luminosa, assim como a duração da fase escura tem a capacidade de alterar qualitativa e quantitativamente a secreção pancreática. Thaela et al. (1998) demonstraram que determinada refeição consumida por suínos durante a fase clara exerce maior estímulo para a secreção de enzimas pancreáticas, em comparação a refeição consumida na fase escura.

A alternância do ciclo claro-escuro também é capaz de alterar a ação das catepsinas, proteases essenciais para maturação da carne suína, e se atividade dessas enzimas for excessiva, pode prejudicar as características sensoriais de alguns embutidos. Virgili et al. (2002) analisaram durante quatro anos a concentração de catepsinas no músculo de suínos e verificaram que houve influência sazonal na produção e atividade para a catepsina B, que é responsável por degradar a actina, miosina e colágeno e influencia nas propriedades sensoriais e nutricionais de produtos embutidos (GIROTO et al., 2010). Maiores níveis foram encontrados na carne e presunto obtidos de animais abatidos durante meses com menor incidência de luz.

Weiler et al. (1996) descreveram que há mudanças sazonais na ingestão de alimentos pelos animais e que isso pode ser correlacionado ao fotoperíodo. Esse comportamento é mais pronunciado em animais inteiros do que em animais castrados e, portanto, pode-se relacionar esse aumento de ingestão de alimentos com o efeito de hormônios gônadais que são influenciados pela luz.

### 2.3.1. A Glândula Pineal

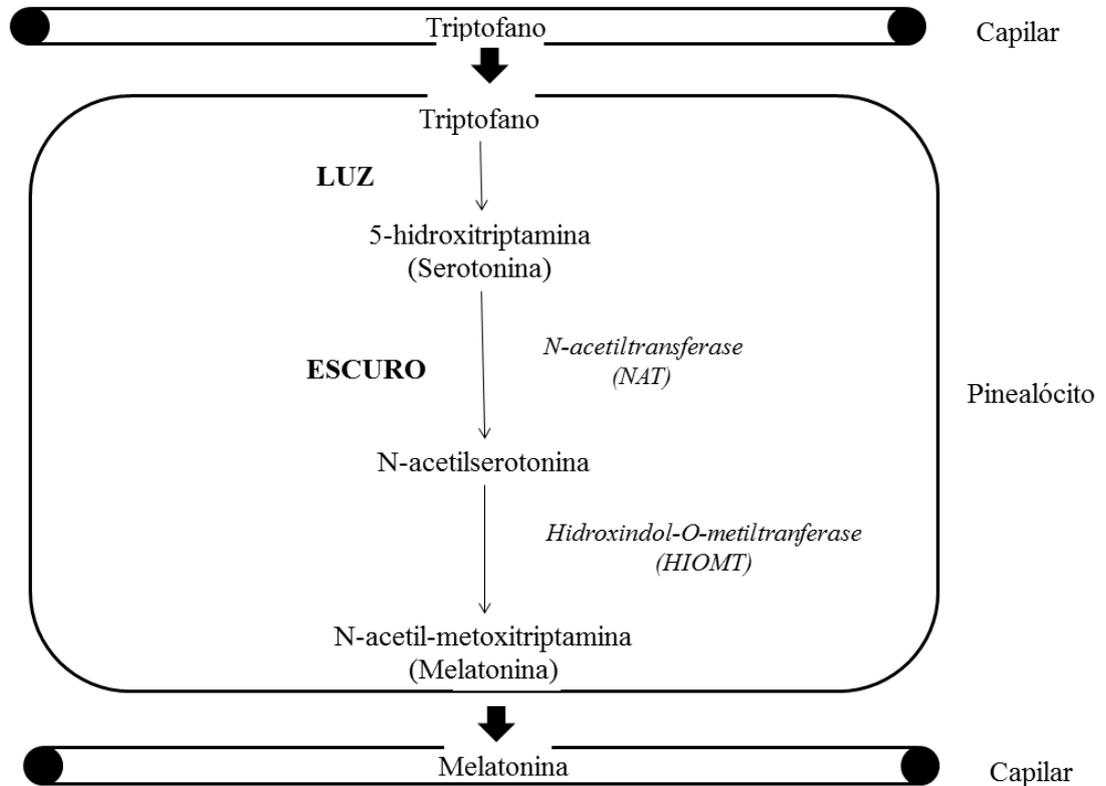
A glândula pineal ou epífise é uma pequena glândula endócrina localizada próxima do centro do cérebro que tem função na regulação dos ciclos circadianos e também no controle das atividades sexuais e de reprodução, isso ocorre a partir da recepção dos estímulos gerados pela captação dos feixes de luz no decorrer do trato retino-hipotalâmico que se inicia na retina pela melanopsina presente nos fotorreceptores, passando pelo nervo óptico, chegando até o hipotálamo no núcleo supraquiasmático que interpreta as informações luminosas e as envia ao gânglio cervical superior que redireciona o sinal para a glândula pineal que executa ações efetoras (FOXCROFT et al., 1994; GUYTON e HALL, 2006).

A melatonina é o único hormônio secretado pela glândula pineal e traduz o fotoperíodo ambiental numa forma endocrinológica auxiliando na regulação de funções vitais dos animais. A produção de melatonina que é dependente do seu precursor triptofano, tem padrões diferentes entre as espécies, mas para todas ocorre somente no período de escuridão, sendo inibida na claridade (REITER, 1993; BORTOLOZZO et al., 2011). A síntese da melatonina na glândula pineal diminui com o aumento da idade (REITER et al., 1980; PAREDES et al., 2006).

A magnitude e duração dos picos de concentração no meio extracelular da melatonina, portanto, são diretamente dependentes da fase escura, já que não há armazenamento no interior dos pinealócitos que são as células responsáveis pela produção e secreção deste hormônio (HISSA et al., 2008). Embora a maior parte da melatonina tenha origem na glândula pineal, também ocorre secreção pela retina, trato gastrointestinal, pele, linfócitos, timo e alguns outros locais (SRINIVASAN et al., 2012).

Na espécie suína, a secreção do hormônio melatonina aumenta durante o período escuro (dias curtos) e diminui nos períodos de luz (dias longos) (LOVE et al., 1993), contudo, apenas alguns estudos relataram mudanças consistentes no perfil de melatonina de suínos entre as fases clara e escura (PATERSON et al., 1992; KLUPIEC et al., 1997). A maioria das pesquisas tem encontrado variação individual considerável nos níveis de melatonina em diferentes intensidades de luz e fotoperíodos (MCCONNELL e ELLENDORFF, 1987; GRIFFITH e MINTON, 1992; BUBENIK et al., 2000). Reiter et al. (1987) verificaram que não há aumento da concentração de melatonina na glândula pineal de suínos em período fótico longo ou curto e Griffith e Minton (1992) afirmaram que a influência do fotoperíodo sobre a melatonina em suínos parece requerer maior intensidade de luz do que em outros animais.

A rota de biossíntese da melatonina (Figura 2) começa com o triptofano sendo convertido a 5-hidroxitriptamina (serotonina), cuja reação ocorre durante a fase clara. Em contrapartida, o escuro estimula a atividade da N-acetiltransferase (NAT) que catalisa a conversão de serotonina para N-acetilserotonina, que posteriormente é convertida em melatonina (MAGANHIHN et al., 2008).



**Figura 2.** Biossíntese da melatonina (Adaptado de MAGANHIN et al., 2008).

Entre as diversas funções da melatonina podem ser destacadas a regulação endócrina da reprodução estimulando os pulsos de GnRH e, conseqüentemente, de gonadotrofinas (PELTONIEMI et al., 2000), a regulação do sistema imunológico, regulação da atividade da tireoide, função antioxidante e o seu papel como regulador dos ritmos de sono e vigília (PAREDES et al., 2009).

O papel de relógio biológico é atribuído a glândula pineal e a melatonina devido sua atividade sobre a tireoide e a produção e liberação dos hormônios T3 e T4 responsáveis por regular o metabolismo celular (BARBOSA et al., 1999). Dentre os efeitos da melatonina no metabolismo, está a inibição da produção do hormônio IGF- I (Fator de Crescimento semelhante á insulina), também chamada de somatomedina C, que é importante nas fases de crescimento agudo, já que é a proteína que atua na regulação do crescimento das células musculares em conjunto com a miostatina (KEATING, 2008). O IGF- I tem estrutura semelhante o da insulina, sua produção ocorre principalmente no fígado e é estimulada pelo hormônio do crescimento (GH), atua como estimulador do crescimento e proliferação celular, é potente inibidor da morte celular programada especialmente no músculo esquelético, cartilagem, osso, fígado, rins, nervos, pele, células

hematopoiéticas, e pulmões (JANSEN et al., 1983). Reeds et al. (1993) correlacionaram a ação do IGF-I e a ação da insulina, afirmando que o IGF-1 tem papel importante na síntese de proteínas principalmente nas vísceras, enquanto que a insulina desempenha a mesma ação em nível muscular; contrariamente, o IGF-I retarda a degradação de proteína no tecido muscular, ao passo que a insulina exerce a mesma atividade no fígado.

De acordo com Dahl et al. (1997), a redução da secreção de melatonina devido o aumento das horas de luz e consequente aumento dos níveis de IGF- I é responsável, em bovinos, por aumentar a produção de leite e de carne em animais imaturos. Em contrapartida, Weiler et al. (1996) encontraram níveis de IGF- I menores para animais expostos a um fotoperíodo crescente, usando javalis e suínos machos castrados sujeitos a dois programas de luz simulando a diferença sazonal de seis meses, demonstrando que o fotoperíodo influencia o nível sérico de IGF – I e a ingestão de alimentos, concluindo que houve influência direta do fotoperíodo sobre o metabolismo proteico em suínos domésticos.

Fang et al. (2002) demonstraram ação inibitória do IGF-I sobre as atividades das enzimas proteolíticas lisossomais (incluindo a catepsina B e L), sendo assim, o aumento nas horas de luz e, conseqüentemente, o aumento do IGF-I, podem reduzir a degradação proteica.

Tast et al. (2001a) utilizando mudança brusca de 8 horas de luz para 16 horas de luz por dia para suínos em crescimento, encontraram após uma semana, redução na secreção de melatonina concluindo que é possível reduzir os efeitos sazonais sobre a produção com o uso de programas de iluminação.

A melatonina também é responsável pela inibição da secreção de insulina que estimula o transporte de glicose para células do músculo esquelético, influenciando em distúrbios metabólicos e diabetes. Peschke (2008) descreve que há correlação negativa entre melatonina e insulina.

Outro efeito da melatonina sob o metabolismo é de proteção contra as espécies reativas de oxigênio, de modo que, a melatonina usada em doses farmacológicas fornece proteção contra o estresse oxidativo nas células (PESCHKE, 2008).

### 2.3.2. Fotoperíodo e comportamento

Van Putten (1980) afirmou que a luz não é uma variável importante na determinação do bem-estar de suínos, isto por que, experimentalmente não conseguiu provar que o repertório comportamental dos suínos e, indiretamente, seu bem-estar foram influenciados pela presença ou ausência de luz. Por outro lado, intensidades luminosas elevadas podem aumentar o grau de agressividade de suínos, por isso alguns criadores preferem utilizar níveis baixos de iluminação, principalmente na fase de terminação e em condições de alta lotação (BOCCUZZI, 2010).

Taylor et al. (2003) demonstraram que leitões preferem locais menos iluminados para comportamentos de inatividade e deitado, e locais mais iluminados para defecar. Sendo assim, há a possibilidade de criar zonas mais iluminadas dentro da baia para defecação e menos iluminadas para descanso, melhorando a higiene das baias e o desempenho e bem-estar dos animais. Em contrapartida, Baldwin e Start (1985), afirmaram que animais expostos a menores intensidades de luz tem maior incentivo a buscar maiores níveis de iluminação.

Mattiello et al. (2004) avaliando o bem-estar de suínos em terminação expostos a dois níveis de iluminância (20 lux X 40 lux) verificaram animais mais apáticos quando expostos 20 lux, devido ao menor contato visual com os parceiros e com o ambiente, o que causou um estado de depressão, entretanto, não foi notado o aumento da agressividade em animais mantidos em iluminância de 40 lux.

Outro estudo realizado por Simonsen (1990) mostrou que animais recebendo 16 horas de luz (5:00-21:00) e 8 horas de escuridão, apresentam dois picos de frequência para a ingestão de alimentos: um quando as luzes foram acesas e o segundo imediatamente após o desligamento das mesmas. Além disso, durante as horas de luz os animais estavam mais ativos no comedouro, bebedouro e fuçando. Amaral (2012) em seu trabalho usou programas de iluminação para suínos em terminação e concluiu que o fornecimento de luz adicional no período do dia influenciou o comportamento de suínos que ficaram mais ativos.

Feddes et al. (1989) afirmaram que suínos em fase de engorda procuram os comedouros nas horas mais frescas do dia, ou seja, no início da manhã e final da tarde.

#### 2.3.2.1.1. Uso de Programas de Iluminação para Suínos

Há indícios de que a visão dos suínos não seja adaptada para baixas luminosidades, isso por que eles, assim como os homens, não possuem membrana ocular capaz de refletir a luz que entra nos olhos melhorando a visão do animal em condições de baixa luminosidade (SARUBBI et al., 2013). Quando comparados aos humanos, os suínos apresentam um número muito menor de células cone, o que resulta em visão mais pobre mesmo para iluminação elevada (GELATT, 1999). O limiar de intensidade de luz que os suínos podem reconhecer como a escuridão é menos de 40 lux (TAST et al., 2001b). Alguns autores sugeriram que é necessária uma grande amplitude entre a intensidade de luz do período claro e escuro para que os suínos consigam diferenciar o dia da noite e conseqüentemente sincronizar o ritmo endócrino e a produção e secreção de melatonina (KLUPIEC et al., 1997; MACK e UNSHELM, 1997).

As informações sobre o espectro visível dos suínos são poucas. Lomas et al. (1998) acreditam que os suínos são dicromáticos e não consigam perceber luz infravermelha. Por outro lado, Tanida et al. (1991) acreditam que os suínos possuem visão colorida e são capazes de diferenciar algumas cores.

Glatz (2001) afirmou que apesar de existirem muitas pesquisas com nutrição e estratégias de manejo para melhorar o desempenho dos leitões desmamados, ainda não existem informações suficientes sobre técnicas de iluminação relatadas na literatura e que a maioria dos experimentos teve resultados inconsistentes na modificação de comportamentos.

Em suínos, a iluminação artificial também pode ser utilizada como forma de enriquecimento ambiental. O uso de lâmpadas coloridas e diferentes intensidades de iluminação vêm sendo recentemente estudados na busca de melhorar o manejo e bem-estar dos animais (TAYLOR et al., 2006; SOUZA et al., 2011).

Bassett et al. (2001) demonstraram que mudanças graduais no fotoperíodo podem, eventualmente, reduzir a fertilidade de matrizes, principalmente as primíparas, além disso, porcas lactantes costumam se alimentar com mais frequência durante o dia (períodos claros) do que à noite (períodos escuros) e o comprimento e a intensidade do período claro podem afetar a produção de leite (BARROS et al., 2008).

Programas de luz em que se estende o período de luz diária a uma constante de 15-16 h podem estimular a frequência de sucção dos leitões (CLAUS e WEILER, 1985),

melhorar a sobrevivência e o peso dos leitões no desmame (MABRY et al., 1983; STEVENSON et al., 1983).

A manutenção da iluminação com padrões similares das instalações podem diminuir o estresse dos animais quando são movidos para as instalações de creche, crescimento e terminação (TAKEUCHI et al., 1994).

Para suínos, a manipulação do fotoperíodo é capaz de melhorar a resposta imunológica tanto inata quanto adquirida (YURKOV, 1985; NIEKAMP et al., 2006). Niekamp et al. (2007) em um experimento para avaliar os impactos da variação do fotoperíodo em várias idades de desmame sobre o estado imunológico, desempenho e estresse de leitões encontraram que o desmame aos 28 dias e fotoperíodo de 16 horas foi a combinação mais benéfica fisiologicamente para os leitões, enquanto que o desmame aos 14 dias e fotoperíodo de 8 horas foi menos benéfica fisiologicamente.

Tem sido levantada a hipótese de que um fotoperíodo prolongado poderia estimular um início precoce e desenvolvimento do consumo de ração em suínos durante os primeiros dias após o desmame, diminuindo os efeitos do estresse (BOCCUZZI, 2010). Tanida et al. (1996) e Grandin (1982) afirmaram que suínos tem medo de escuro e preferem locais iluminados. Segundo Bruininx et al. (2001), a maioria dos leitões recém desmamados não começa a comer durante os períodos de escuridão, de modo que um fotoperíodo prolongado na sala de creche pode estimular o início do consumo de ração nos primeiros dias após o desmame. Pode-se sugerir que isso aconteceu devido a má visão noturna dos suínos que dificulta a visão e ingestão do alimento em períodos escuros (SARUBBI, 2013).

Bruininx et al. (2002), expondo leitões durante duas semanas após o desmame a regimes de luz de 23 horas de luz e 1 hora de escuro e 8 horas de luz e 16 horas de escuro, verificaram melhores consumo de ração e ganho de peso em animais expostos ao maior período de luz. O autor sugere que o tempo de luz ao que o animal é exposto pode ser utilizado como ferramenta para estimular a ingestão de alimento e garantir a saúde após o desmame. Resultados semelhantes foram obtidos por Caprario e Zimmermann (2011) constataram melhoras no ganho de peso diário e na conversão alimentar de leitões que receberam iluminação noturna quando comparados a leitões que receberam apenas luz natural.

Reiners et al. (2010) também verificaram uma tendência a maior consumo alimentar nas primeiras 24 horas após o desmame em leitões expostos a luz prolongada (20 horas de luz) quando comparados a leitões expostos somente a 8 horas de luz, porém no período total de sete semanas não houve diferença significativa no consumo de alimento e no ganho de peso entre os tratamentos.

Por outro lado, Bearss et al. (1974) também verificaram que leitões de 6 a 12 semanas, recebendo 24 horas de escuro foram usualmente menos ativos mas não diferentes quanto ao ganho de peso quando comparados com leitões que receberam regime de luz de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

McGlone et al. (1988) não observaram diferenças no consumo alimentar e ganho de peso em fotoperíodos de 1:23 ou 16:8 horas de luz:escuro para porcas lactantes e leitões desmamados, concluindo que não há benefícios no pré-desmame ou pós-desmame para o peso do leitão ou sobrevivência com o uso de fotoperíodo estendido. Sousa Junior (2010), ao estudar diferentes regimes de claro e escuro, também não constatou influencia no desempenho e saúde de suínos em fase de creche.

Braude et al. (1958) não encontraram nenhuma diferença no ganho de peso ou conversão alimentar entre os suínos em engorda mantidos sob regimes luz:escuro de 24:0, 14:10, 10:14 e 0:24 h.

Em relação a intensidade de luz, Christison (1996) não observaram diferenças comportamentais ou de desempenho entre leitões desmamados recebendo 5 lux ou 100 lux.

Andersson et al. (2000) avaliando os níveis de melatonina e cortisol de leitões desmamados expostos a três diferentes regimes de luz (iluminação natural, iluminação artificial crescente e iluminação artificial decrescente) verificaram maiores níveis de melatonina na fase escura e maiores níveis de cortisol na fase clara e que tanto o fotoperíodo natural quanto a iluminação artificial influenciam na formação de melatonina. Os autores concluíram que animais que recebem iluminação artificial apresentam menores níveis de melatonina na fase escura e menores concentrações de cortisol na fase clara comparados a animais que receberam iluminação natural.

## 2.4. Estresse

O estresse é uma reação do organismo a qualquer ruptura da homeostasia e pode ser desencadeado por alterações externas e internas que sobrecarreguem os seus sistemas de controle e reduzam a sua adaptação, como a dieta, ambiente, infecções e eventos psicológicos (FRASER e BROOM, 1990; TSIGOS e CHROUSOS, 2002).

As respostas do sistema nervoso central frente ao estresse são divididas em três categorias: primária, secundária e terciária (BARTON et al., 2002; BARTON, 2011). As respostas primárias são as hormonais, as secundárias são mudanças nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos e as terciárias são o comprometimento no desempenho, mudanças no comportamento e aumento da suscetibilidade a doenças (BRANDÃO et al., 2006). Essas respostas quando inadequadas ou excessivamente prolongadas podem afetar negativamente funções do metabolismo, circulação, reprodução e respostas inflamatória e imunológica (ROHLFS et al., 2005; CHARMANDARI et al., 2005). Dentre as finalidades das reações ao estresse está a mobilização de substrato calórico (glicose), a preservação do aporte de oxigênio para tecidos nobres, a manutenção do equilíbrio da temperatura corpórea e a redução dos efeitos dolorosos (STOCHE et al., 2001; GOYMANN et al., 2003).

O sistema endócrino, principalmente as glândulas adrenais ou suprarenais, são de grande importância para a resposta hormonal frente estímulos estressores. A liberação de maiores doses de hormônios glicocorticóides como adrenalina, noradrenalina, cortisol, mineralocorticóides e glicocorticóides estão envolvidos no controle da homeostase (ALHEIRA e BRASIL, 2005; BATISTA et al., 2009) e isso permite que eles sejam indicadores biológicos do estresse utilizados como instrumentos de avaliação do bem-estar animal em muitas espécies, incluindo os suínos (GOYMANN et al., 2003; GILLESPIE et al., 2009).

Segundo Möstl e Palme (2002), o estresse pode ser classificado em agudo ou fisiológico e crônico. O estresse agudo eleva os níveis de cortisol rapidamente em busca de adaptação imediata após a exposição ao estímulo estressor e o retorno aos níveis basais em uma hora ou mais; já no estresse crônico há elevação das concentrações séricas de cortisol em um nível ápice, mantendo-se ou não elevadas em um nível bem menor, dependendo do grau do estímulo estressor (WENDELAAR BONGA, 1997; BEERDA et al., 1999).

A complexidade da resposta ao estresse é proporcional à intensidade e ao tempo de exposição ao mesmo. Quando o estresse é prolongado e o indivíduo não é capaz de lidar com os agentes estressores há adaptação da sensibilidade do organismo; esses efeitos sistêmicos de adaptação podem ser benéficos ou maléficos (MUNSON e TERIO, 2005).

Em situações de estresse, uma queda tanto da amplitude, quanto do ritmo de produção da melatonina endógena, tem sido relatada em mamíferos (PAREDES et al., 2007).

O estresse é o principal mecanismo de avaliação do bem-estar animal, visto que o conceito de bem-estar é “estado de satisfação física ou moral; conforto” (FERREIRA, 2004). O bem-estar dos animais pode ser avaliado por meio do comportamento, produtividade e por meio da avaliação de parâmetros fisiológicos, tais como cortisol, lactato, creatininafosfo-quinase e frequência cardíaca (DALLA COSTA et al., 2008).

Das práticas de manejo realizadas com os leitões, o desmame desencadeia alto nível de estresse devido inúmeros fatores que atuam simultaneamente. As exposições a esses fatores induzem ao estresse afetando a endocrinologia, a fisiologia, o metabolismo e a homeostase do organismo como um todo, causando impacto negativo no consumo de ração, conversão alimentar, saúde gastrintestinal e bem-estar (KOOPMANS et al., 2006).

Dependendo da duração e da severidade dos fatores estressantes, a ingestão de alimento pode ser baixa o suficiente para não atender as exigências de manutenção, obrigando o leitão catabolizar especialmente gordura, causando perda de peso e trazendo consideráveis perdas econômicas durante a fase de creche (BIKKER et al., 1995).

#### 2.4.1. Cortisol

O cortisol ou corticosterona é um hormônio glicocorticoide pertencente à família dos esteróides produzido a partir do colesterol no córtex adrenal e é responsável por regular o metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras (SPINOSA et al., 1999; KOOPMANS et al., 2005; GUYTON e HALL, 2006). Uma gama de reações pode ser estimulada pelo cortisol, tais como: efeito sobre o sistema imunológico, regulação do sono e vigília, controle do sistema límbico, porém, a principal função do cortisol é aumentar os níveis de glicose no sangue (CUNHA, 2012). Sua concentração é alterada durante as reações aos agentes estressores e desafios ambientais (DALLA COSTA et al., 2006; KOEPPEN e STANTON, 2009; SANTANA et al., 2009).

Durante o período de estresse ocorre ativação do eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenocortical (HHA) e se inicia a produção no hipotálamo do hormônio liberador de corticotropina (CRH), que age na hipófise, que por sua vez produz a adrenocorticotropina (ACTH), que estimula a liberação do cortisol pela glândula adrenal (GRAY, 1978; YEAGER et al., 2004; KELLER, 2006; VENKER et al., 2010). O cortisol promove a gliconeogênese no fígado, fornece aminoácidos pela degradação da proteína muscular, reduz a sensibilidade de alguns tecidos aos efeitos da insulina, e supre a necessidade energética de vários tecidos (ROBERGS e ROBERTS, 2002; GUYTON e HALL, 2006; NELSON e COX, 2006).

Períodos prolongados de estresse crônico podem resultar em altas concentrações de cortisol que diminuem a aptidão individual devido à imunossupressão e atrofia dos tecidos de defesa do organismo, resultando em efeito deletério no desempenho e comportamentos estereotipados (De JONG, 2000; MÖSTL e PALME, 2002).

É possível avaliar o nível de estresse que o animal está passando ou ao qual foi submetido durante o seu sistema de criação, a partir dos níveis de concentração de cortisol no plasma, saliva, urina ou fezes (PALME et al., 1996; BROOM e FRASER, 2007).

De Jong (2000) afirmou que o eixo HHA e os níveis de cortisol são menos sensíveis aos estressores ambientais antes da décima quinta semana de idade e também descreveu uma relação entre os níveis de cortisol e a resposta comportamental em suínos.

Parece haver um mecanismo de “feedback” entre a ação dos glicocorticoides e a serotonina. Beaulieu et al. (1986) acreditam que o sistema serotoninérgico retarda a secreção de ACTH, enquanto que McEwen (1987) sugeriu que os glicocorticoides estimulam a liberação da serotonina durante o estresse.

O efeito da luminosidade e o ritmo circadiano são os padrões pulsáteis da liberação do cortisol e em suínos, como na maioria dos mamíferos de hábitos diurnos, apresentam níveis elevados de cortisol durante o período da manhã, seguido por declínio durante a tarde e baixas concentrações no período da noite, sendo exatamente o contrário da melatonina (ANDERSSON et al., 2000; KELLER, 2006; JOËLS e BARAM, 2009). Em condições de estresse crônico a ritmicidade circadiana do cortisol pode ser eliminada (PRZEKOP et al., 1985). Segundo Kroll (2010), a faixa média de concentração de cortisol nos suínos é de  $39 \pm 2,8$  (n Mol/L).

Janssens et al. (1995) estudaram os efeitos do estresse crônico sob o ritmo circadiano do cortisol plasmático de fêmeas suínas nulíparas e apesar de encontrarem valores dentro dos padrões, com maiores valores diurnos em relação aos noturnos, concluíram que o estresse crônico tem grande influência nos níveis normais de cortisol, causando a diminuição da amplitude dos mesmos.

Guzik et al. (2006) observaram que a suplementação de triptofano na dieta é capaz de diminuir os níveis de cortisol plasmático e salivar em suínos que passaram por estresse agudo indicando que o triptofano pode reduzir respostas ao estresse. Entretanto, Meunier-salaün et al. (1999) não encontraram alterações nos níveis de cortisol plasmático em suínos que receberam dietas suplementadas com triptofano após o desmame.

Smulders et al. (2006) estudaram em suínos na fase de crescimento e terminação, a correlação entre comportamento e nível de cortisol e encontraram maiores níveis de cortisol em animais que apresentaram maior número de comportamentos agressivos e menor taxa de crescimento.

Niekamp et al. (2007) encontraram uma combinação de tratamento fisiologicamente benéfica no desmame de 28 dias e fotoperíodo prolongado quando comparado com o tratamento com desmame aos 14 dias e fotoperíodo curto, porém com maior concentração plasmática de cortisol.

#### 2.4.2. Glicose

A elevação dos valores de glicose no sangue ou plasma também pode ser considerada bom parâmetro indicador da resposta secundária ao estresse (WELLS e PANKHURST, 1999; BATISTA et al., 2009). Segundo Guyton e Hall (2006), durante o estresse agudo ocorre liberação de catecolaminas, especialmente epinefrina, que estimulam a neoglicogênese e a glicogenólise, e proporcionam hiperglicemia que atua de substrato energético para manutenção das atividades metabólicas normais, e em alguns casos, para suprir a demanda excessiva dos músculos durante uma reação de alarme.

Alguns autores descobriram que a resposta ao estresse em suínos também pode ser relacionada com níveis elevados de glicose no plasma. Barnett et al. (1983) encontraram níveis elevados de glicose no plasma como resposta ao estresse crônico de fêmeas que receberam tratamento aversivo. Fernandez et al. (1994) observaram relação positiva entre os níveis de glicose no plasma e comportamento agressivo em suínos domésticos. Puppe

et al. (1997) encontraram, no dia seguinte ao desmame, maiores níveis de glicose plasmático para leitões alojados em lotes misturados, do que para aqueles que continuaram com sua leitegada. Os níveis séricos de glicose referência para suínos estão entre 65 e 95 mg/dL (BLOOD et al. 1991).

### 3. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

O triptofano é alvo recorrente de pesquisas envolvendo suínos, especialmente em leitões após o desmame, visando aumentar o consumo de ração e diminuir os efeitos do estresse, bem como, tem sido levantada a hipótese de que um fotoperíodo prolongado poderia estimular um início precoce e desenvolvimento do consumo de ração durante os primeiros dias após o desmame, reduzindo o estresse.

O Capítulo 2, denominado **DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ E TRIPTOFANO SUPLEMENTAR NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS** apresenta-se de acordo com as normas para publicação no periódico **Livestock Science**, objetivando-se avaliar os efeitos da suplementação de triptofano nas dietas e de programas de iluminação artificial sobre o desempenho, comportamento, teores de glicose e de cortisol plasmático em leitões na fase pré-inicial.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; BALL, R. O. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 188-194, 1992.

ADEOLA, O. et al. Regional brain neurotransmitter concentrations in stress-susceptible pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 968-974, 1993.

AGUGGINI, G.; BEGHELLI V.; GIULIO L. F. **Fisiologia degli animali domestici con elementi di etologia**. Torino: UTET, 1992. p. 809-832.

ALHEIRA, F. V.; BRASIL, M. A. A. O papel dos glicocorticóides na expressão dos sintomas de humor – uma revisão. **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul**, v. 27, p. 177-186, 2005.

AMARAL, P. I. S. **Programas de iluminação para suínos em terminação**. 2012. 33 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, 2012.

ANDERSSON, H. et al. Influence of light environment and photoperiod on plasma melatonin and cortisol profiles in young domestic boars, comparing two commercial melatonin assays. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 19, p. 261-274, 2000.

ARAÚJO W. A. G. et al. Programa de luz na avicultura de postura. **Revista CFMV**, v. 52, p. 58, 2011.

ARGENZIO, R. A.; SWENSON, M. J. Digestão absorção e metabolismo. In: \_\_\_\_\_. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. v. 11, p. 253-272.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório Anual**. 2015. Disponível em: <[http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual\\_UBABEF\\_2015\\_DIGITAL.pdf](http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf)>. Acesso em: 07/10/2015.

ATTENBURROW, M. J. et al. Acute administration of nutritionally sourced tryptophan increases fear recognition. **Psychopharmacology**, v. 169, p. 104-107, 2003.

BAGDY, G. Role of the hypothalamic paraventricular nucleus in 5-HT 1A, 5-HT 2A and 5-HT 2C receptor-mediated oxytocin, prolactin and ACTH/corticosterone responses. **Behavioural Brain Research**, v. 73, p. 277-280, 1995.

BAKER, D. H. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. **Amino Acids**, v. 37, p. 29 - 41, 2009

BALDWIN, B. A. Operant studies on the behaviour of pigs and sheep in relation to the physical environment. **Journal Animal Science**, v. 49, p. 1125-1134, 1979.

BALDWIN, B. A.; START, I. B. Illumination preferences of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 14, p. 233-243, 1985.

BARBOSA, R. O. et al. Influência das estações do ano nas concentrações séricas de 3,5,3' triiodotironina (T3), tiroxina (T4) e testosterona (Tes) de carneiros. **Acta Scientiarum**, v. 21, p. 599-605, 1999.

BARBOSA, L. C. G. S. **Utilização de antibiótico probiótico, prebiótico, simbiótico e gluconato de sódio sobre o desempenho e características de carcaça de suínos**. 2007. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2007.

BARNETT, J. L. et al. Effects of photoperiod and feeding on plasma corticosteroid concentrations and maximum corticosteroid-binding capacity in pigs. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 34, p. 577-586, 1981.

BARNETT, J. L.; HEMSWORTH, P. H.; HAND, A. M. Effects of chronic stress on some blood parameters in the pig. **Applied Animal Ethology**, v. 9, p. 273-277, 1983.

BARROS, L. R. et al. Distúrbios de impacto econômico na produção de suínos: agalaxia. **REDVET: Revista Electrónica de Veterinária**, v. 9, p. 1-13, 2008.

BARTON, B. A. et al. Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In: **Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress**. Bethesda, USA: American Fisheries Society, 2002. p. 111-148.

BARTON, B. A. Stress in finfish: past, present and future-a historical perspective. **Fish Stress and Health in Aquaculture**, v. 62, p. 1, 2011.

BASSETT, J. M.; BRAY, C. J.; SHARPE, C. E. Reproductive seasonality in domestic sows kept outdoors without boar. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 121, p. 613-629, 2001.

BATISTA, J. S. et al. Efeitos da contenção física e química sobre os parâmetros indicadores de estresse em catetos ("Tayassu tajacu"). **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 3, p. 92-97, 2009.

BEARSS, W. H.; HACKER, R. R.; BATRA, T. R. Some effects of total darkness on young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 39, p. 39-153, 1974.

BEAULIEU, S.; DI PAOLO, T.; BARDEN, N. Control of ACTH secretion by the central nucleus of the amygdala: implication of the serotonergic system and its relevance to the glucocorticoid delayed negative feedback mechanism. **Neuroendocrinology**, v. 44, p. 247-254, 1986.

BEERDA, B. et al. Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction. II. Hormonal and immunological responses. **Physiology and Behaviour**, v. 66, p. 243-254, 1999.

BENDER, D. A. Biochemistry of tryptophan in health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 6, p. 101-197, 1983.

BIKKER, P. et al. Protein and Lipid Accretion in Body Components of Growing Gilts (20 to 45 Kilograms) as Affected by Energy-Intake. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2355-2363, 1995.

BISINOTO, K. S. et al. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11 kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1740-1745, 2007.

BLOOD, D. C. et al. **Clínica veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 1228 p.

BOCCUZZI, R. **Effetti del fotoperiodo artificiale sul benessere e sulle prestazioni produttive del suino pesante italiano**. 2010. 110 f. Tese (Doutorado em Scienze della nutrizione e degli alimenti) - Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, 2010.

BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v. 64, p. 239-251, 2000.

BONI, I. J.; PAES, A. O. S. Programas de luz para matrizes: machos e fêmeas. In: SIMPOSIO TECNICO SOBRE MATRIZES DE FRANGOS DE CORTE, 2., 1999, Chapecó. **Anais...** Chapecó: Embrapa, 1999. p. 1-16.

BORTOLOZZO, F. P.; GAGGINI, T. S.; WENTZ, I. Infertilidade sazonal no suíno: caracterização e consequências durante a fase gestacional. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 6., 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SINSUI, 2011. p. 117-131.

BOUDRY, G. et al. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. **The Journal of Nutrition**, v. 134, p. 2256-2262, 2004.

BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 349, 2006.

BRAUDE, R. et al. The effect of light on fattening pigs. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 17, p. 38-39, 1958.

BRAUDE, R. Antibiotics in animal feeds in Great Britain. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 1425-1436, 1978.

BRITT, J. H.; SZAREK, V. E.; LEVIS, G. Characterization of summer infertility of sows in large confinement units. **Theriogenology**, v. 20, p. 133-140, 1983.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Domestic animal behaviour and welfare**. London: Cab International, 2007. 438 p.

BRUININX, E. M. A. M. et al. Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 301-308, 2001.

BRUININX, E. M. A. M. et al. A prolonged hotoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1736-1745, 2002.

BUBENIK, G. A. et al. Circadian variation of portal, arterial and venous blood levels of melatonin in pigs and its relationship to food intake and sleep. **Journal of Pineal Research**, v. 28, p. 9-15, 2000.

CAMPBELL, J. M.; CRENSHAW, J. D.; POLO, J. The biological stress of early weaned piglets. **Journal of Animal Science Biotechnology**, v. 4, p. 1-4, 2013.

CAPRARIO, G. N.; ZIMMERMANN, L. A. Avaliação econômica e zootécnica de leitões na fase de creche, através do manejo ambiental de luminosidade a noite. **Revista Caminhos**, v. 2, p. 63-76, 2011.

CARLSON, N. R. Biochemistry and pharmacology of synaptic transmission. In: **Physiology of Social Behavior**. Boston: Allyn and Bacon 1997. p. 63-83.

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA - CEE. **Directiva 2008/120/CE de 18 dezembro de 2008**. Relativa às normas mínimas de proteção de suínos. 2008. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:047:0005:0013:PT:PDF>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

CHAOULOFF, F. Physiopharmacological interactions between stress hormones and central serotonergic systems. **Brain Research Reviews**, v. 18, p. 1-32, 1993.

CHARMANDARI, E.; CONSTANTINE, T.; GEORGE, C. Endocrinology of the stress response. **Annual Review of Physiology**, v. 67, p. 259-284, 2005.

CHEMINEAU, P. et al. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. **Animal Reproduction Science**, v. 30, p. 157-184, 1992.

CHRISTEN, S.; PETERHANS, E.; STOCKER, R. Antioxidant activities of some tryptophan metabolites: possible implication for inflammatory diseases. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 87, p. 2506-2510, 1990.

CHRISTISON, G. I. Dim light does not reduce fighting or wounding of newly mixed pigs at weaning. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p. 141-143, 1996.

CLARK, J. R.; KOMKOV, A.; TRIBBLE, L. F. Effect of parity, season, gonadotropin releasing hormone and altered suckling intensity on the interval to rebreeding in sows. **Theriogenology**, v. 26, p. 299-308, 1986.

CLAUS, R.; WEILER, U. Influence of light and photoperiodicity on pig prolificacy. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 33, p. 185-197, 1985.

COCCHI, M. et al. Do mood disorders play a role in pig welfare? **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, p. 691-704, 2009.

CORTAMIRA, N. O. et al. Effect of dietary tryptophan on muscle, liver and whole-body protein synthesis in weaned piglets: relationship to plasma insulin. **British Journal of Nutrition**, v. 66, p. 423-435, 1991.

CRISPIM, C. A. et al.. Relação entre sono e obesidade: uma revisão da literatura. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, p. 1041-1049, 2007.

CUNHA, D. F. Cortisol como indicador do estresse na espécie suína. **Medicina Veterinária**, v. 6, p. 18-25, 2012.

CVITKOVIC, S. et al. Enteral tryptophan requirement determined by oxidation of gastrically or intravenously infused phenylalanine is not different from the parenteral requirement in neonatal piglets. **Pediatric Research**, v. 55, p. 630-636, 2004.

DAHL, G. E. et al. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 2784-2789, 1997.

DALLA COSTA, O. A. et al. **Efeito do tempo de jejum dos suínos na granja sobre o bem-estar, medido pelo cortisol na saliva e pela frequência cardíaca, durante o manejo pré-abate**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. (Comunicado Técnico).

DALLA COSTA, O. A. et al. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2300-2306, 2008.

DÄUBENER, W.; MACKENZIE, C. R. IFN- $\gamma$  activated indoleamine 2, 3-dioxygenase activity in human cells is an antiparasitic and an antibacterial effector mechanism. In: HUETHER, G. et al. **Tryptophan, serotonin, and melatonin**. Boston: Springer, 1999. p. 517-524.

- DE JONG, I. C. **Chronic stress parameters in pigs: indicators of animal welfare?**. 2000. 171 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Groningen, Groningen, Holanda, 2000.
- DEAKIN, J. W.; GRAEFF, F. G. 5-HT and mechanisms of defence. **Journal of Psychopharmacology**, v. 5, p. 305-315, 1991.
- DENNIS, R. L. et al. Serotonin's role in piglet mortality and thriftiness. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 4888-4896, 2014.
- DINAN, T. G. Serotonin and the regulation of hypothalamic-pituitary-adrenal axis function. **Life Sciences**, v. 58, p. 1683-1694, 1996.
- EBLING, F. J. P. et al. Prenatal Photoperiod Influences Neonatal Prolactin Secretion in the Sheep\*. **Endocrinology**, v. 125, p. 384-391, 1989.
- EDER, K.; PEGANOVA, S.; KLUGE, H. Studies on the tryptophan requirement of piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 55, p. 281-297, 2001.
- ETTLE, T.; ROTH, F. X. Specific dietary selection for tryptophan by the piglet. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1115-1121, 2004.
- FANG, C. H. et al. Insuline like growth factor-I inhibits lysosomal and proteasome-dependent proteolysis in skeletal muscle after burn injury. **Journal of Burn Care Rehabilistion**, v. 23, p. 318-325, 2002.
- FEDDES, J. J. R.; YOUNG, B. A.; DESHAZER, J. A. Influence of temperature and light on feeding behaviour in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 23, p. 215-222, 1989.
- FERNANDEZ, X.; MEUNIER-SALAÜN, M.; MORMEDE, P. Agonistic behavior, plasma stress hormones, and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: interrelationships and effect of dominance status. **Physiology & Behavior**, v. 56, p. 841-847, 1994.
- FERREIRA, A. B. H. **Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa**. 6. ed. Curitiba: Positivo, 2004. 896 p.

FOWLER, V. R.; GILL, B. P. Voluntary food intake in the young pig. In: FORBES, J. M.; VARLEY, M. A.; LAWRENCE, T. L. J. (Ed.). **The voluntary food intake of pigs**. London: British Society of Animal Production, 1989. p. 51-60. (Occasional Publication, 13).

FOXCROFT, G. R. et al. Reproductive function: current concepts. In: \_\_\_\_\_. **Principles of pig science**. Longhborough: *Nottingham University Press*, 1994. p. 225-252.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm Animal Behaviour and Welfare**. 3. ed. Reino Unido: Ballière Tindall, 1990. 437 p.

FREEDOM FOOD. **Freedom food, welfare standards for pigs**. Horsham: RSPCA, 2003.

GASKINS, H. R.; KELLEY, K. W. Immunology and neonatal mortality. In: VARLEY, M.A. (Ed.). **The neonatal pig: development and survival**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 39-55.

GELATT, K. N. **Veterinary ophthalmology**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 1999. 1544 p.

GENTRY, J. L. et al. Effect of hemoglobin and immunization status on energy metabolism of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1032-1040, 1997.

GEWEHR, C. E. Programas de iluminação para poedeiras semi-pesadas. **Biotemas**, v. 25, p. 151-157, 2011.

GIBBERT, G. A.; BRITO, M. N. Relações Fisiológicas Entre o Sono e a Liberação de Hormônios Que Regulam o Apetite. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, 2011.

GIBBONS, J. L. et al. Manipulations of dietary tryptophan: effects on mouse killing and brain serotonin in the rat. **Brain Research**, v. 169, p. 139-153, 1979.

GILLESPIE, C. F. et al. Risk and resilience: genetic and environmental influences on development of the stress response. **Depression and Anxiety**, v. 26, p. 984-992, 2009.

- GIROTO, J. M. et al. Aminas biogênicas em embutidos cárneos e em outros alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, p.1-10, 2010.
- GLATZ, P. C. Effect of different lighting sources on behavior and growth of weanling pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 14, p. 280-287, 2001.
- GÓMEZ, G.; LLORCA, R. Aminoácidos. **Biopsicología**, v. 3, p. 548-576, 2000.
- GOYMANN, W. et al. Social status does not predict corticosteroid levels in postdispersal male spotted hyenas. **Hormones and Behavior**, v. 43, p. 474-479, 2003.
- GRAEFF, F. G. et al. Role of 5-HT in stress, anxiety, and depression. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, v. 54, p. 129-141, 1996.
- GRANDIN, T. Pig behavior studies applied to slaughter plant design. **Applied Animal Ethology**, v. 9, p. 141-151, 1982.
- GRAY, J. A. **A Psicologia do medo e do “stress”**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 278 p.
- GRIFFITH, M. K.; MINTON, J. E. Free-running rhythms of adrenocorticotrophic hormone (ACTH), cortisol and melatonin in pigs. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 8, p. 201-208, 1991.
- GRIFFITH, M. K.; MINTON, J. E. Effect of light intensity on circadian profiles of melatonin, prolactin, ACTH, and cortisol in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 492-498, 1992.
- GRIMMETT, A.; SILLENCE, M. N. Calmatives for the excitable horse: a review of L-tryptophan. **The Veterinary Journal**, v. 170, p. 24-32, 2005.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1115p.
- GUZIK, A. C. et al. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2251-2259, 2006.

HÄLLI, O. et al. Short or long day light regimes may not affect reproductive performance in the sow. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 643-770, 2008.

HANCOCK, R. D. Clinical observations on seasonal infertility in sows. **Cornwall Veterinary Record**, v. 123, p. 413-416, 1988.

HAYAISHI, O. Utilization of superoxide anion by indoleamine oxygenase-catalyzed tryptophan and indoleamine oxidation. In: \_\_\_\_\_. **Recent Advances in tryptophan research**. Boston: Springer, 1996. p. 285-289.

HEINE, W.; RADKE, M.; WUTZKE, K. D. The significance of tryptophan in human nutrition. **Amino Acids**, v. 9, p. 91-205, 1995.

HENRY, J. P.; MEEHAN, J. P. Psychosocial stimuli, physiological specificity, and cardiovascular disease. **Research publications-Association for Research in Nervous and Mental Disease**, v. 59, p. 305-333, 1980.

HENRY, Y. et al. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein in voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **Jornal of Animal Science**, v. 70, p. 1873-1887, 1992.

HENRY, Y. et al. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein, and sex. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 11, p. 2700-2710, 1996.

HUMANE FARM ANIMAL CARE. **Padrões dos cuidados com animais: porcos**. 2008. Disponível em: <[http://www.certifiedhumane.org/uploads/Std08%20Suinos%20\(Pigs\)%201R\\_RP.pdf](http://www.certifiedhumane.org/uploads/Std08%20Suinos%20(Pigs)%201R_RP.pdf)> Acesso em: 21 jan. 2014.

HISSA, M. N. et al. Melatonina e a glândula pineal. **Revista Eletrônica Pesquisa Médica**, v. 2, p. 1-10, 2008.

HÖGLUND, E.; BALM, P. H. M.; WINBERG, S. Stimulatory and inhibitory effects of 5-HT 1A receptors on adrenocorticotrophic hormone and cortisol secretion in a teleost fish, the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). **Neuroscience Letters**, v. 324, p. 193-196, 2002.

HOTZEL, J. M.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. **Revista de Etologia**, v. 6, p. 3-15, 2004.

HURNIK, J. F. Behaviour. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.). **Farm animals and environment**. Wallingford: CAB International, 1992. chap. 13, p. 235-244.

HURNIK, J. F. Conceito de bem estar e conforto animal. In: PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C. (Coord.). **I Simpósio latino-americano de bem estar animal**. Florianópolis, 2000. (Palestra).

HUWIG-POPPE, C. et al. The tryptophan depletion test: impact on sleep in healthy subjects and patients with obsessive - compulsive disorder. In: HUETHER, G. et al. (Ed.). **Tryptophan, serotonin, and melatonin**. Boston: Springer US, 1999. p. 35-42.

INGRAM, D. L.; DAUNCEY, M. J. Circadian rhythms in the pig. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 82, p. 1-5, 1985.

JANSEN, M. et al. Sequence of cDNA encoding human insulin-like growth factor I precursor. **Nature**, v. 306, p. 609-611, 1983.

JANSMAN, A. J. M. **Necesidades y utilización del triptófano en animales monogástricos**. In: REBOLLAR, P. G.; DE BLAS, C.; MATEOS, G. G. (Ed.). **XVI Curso de Especialización FEDNA: avances en nutrición y alimentación animal**. Fira de Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2001. P 1-15.

JENSEN, P. The Weaning process of free-ranging domestic pigs: within-and between-litter variations. **Ethology**, v. 100, p. 14-25, 1995.

JANSSENS, C. J. J.; HELMOND, F. A.; WIEGANT, V. M. The effect of chronic stress on plasma cortisol concentrations in cyclic female pigs depends on the time of day. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 12, p. 167-177, 1995.

JOËLS, M.; BARAM, T. The neuro-symphony of estress. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 10, p. 459-466, 2009.

JOHNSON, A. L. Seasonal and photoperiod-induced changes in serum prolactin and pituitary responsiveness to thyrotropin-releasing hormone in the mare. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 184, p. 118-122, 1987.

KEATING, G. M. Mecasermin. **Biodrugs**, v. 22, p. 177, 2008.

KELLER, B. **Estudo comparativo dos níveis de cortisol salivar e estresse em atletas de luta olímpica de alto rendimento**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Federal do Paraná, 2006.

KELLY, D.; COUTTS, A. G. P. Development of digestive and immunological function in neonates: role of early nutrition. **Livestock Production Science**, v. 66, p. 161-167, 2000.

KILGOUR, R.; DALTON, S. **Livestock behaviour**. London: Grana, 1984.

KLUPIEC, C. E. G.; LOVE, R. J.; KENNAWAY, D. J. Clarifying plasma melatonin profiles in domestic pigs: a critical and comparative evaluation of two radio immunoassay systems. **Journal of Pineal Research**, v. 22, p. 65-74, 1997.

KNOX, W. E.; MEHLER, A. H. The adaptive increase of the tryptophan peroxidase-oxidase system of liver. **Science**, v. 113, p. 237-238, 1951.

KNOX, W. E.; AUERBACH, V. H. The hormonal control of tryptophan peroxidase in the rat. **Journal of Biological Chemistry**, v. 214, p. 307-313, 1955.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. **Berne y Levy: fisiología**. 3. ed. Barcelona: Elsevier Mosby, 2009. 834 p.

KOJIMA, M. et al. Ghrelin: discovery of the natural endogenous ligand for the growth-hormone secretagogue receptor. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, v. 12, p. 118-22, 2001.

KOOPMANS, S. J. et al. Surplus dietary tryptophan reduces plasma cortisol and noradrenaline concentrations and enhances recovery after social stress in pigs. **Physiology & Behavior**, v. 85, p. 469-478, 2005.

KOOPMANS, S. 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.

KROLL, J. Correlations of plasma cortisol levels, chaperone expression and mammalian longevity: a review of published data. **Biogerontology**, v. 11, p. 495-499, 2010.

KURIBAYASHI, T. H. **Relações triptofano**: lisina em dietas para leitões submetidos á vacinação: balanço energético e de nitrogênio. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

LAYCOCK, S. R.; BALL, R. O. Alleviation of hysteria in laying hens with dietary tryptophan. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 54, p. 291-295, 1990.

LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned pigs: A review. **Livestock Production Science**, v. 38, p. 79-90, 1994.

LE FLOC'H, N et al. The importance of dietary tryptophan for preserving growth and controlling inflammatory response of weaned pigs submitted to immune stress. In: **Animal Production in Europe: the Way Forward in a Changing World. Proceedings of the in-between Congress of the ISAH**. 2004. p. 239-240.

LE FLOC'H, N. et al. Importance of sanitary environment for growth performance and plasma nutrient homeostasis during the post-weaning period in piglets. **Archives of Animal Nutrition**, v. 60, p. 23-34, 2006.

LE FLOC'H, N.; SÈVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v. 112, p. 23-32, 2007.

LE FLOC'H, N. et al. The effect of sanitary status degradation and dietary tryptophan content on growth rate and tryptophan metabolism in weaning pigs. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 1686-1694, 2009.

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

LEATHWOOD, P. D. Tryptophan availability and serotonin synthesis. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 46, p. 143-146, 1987.

LEPAGE, O.; TOTTMAR, O.; WINBERG, S. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Experimental Biology**, v. 205, p. 3679-3687, 2002.

LEPAGE, O. et al. Time-course of the effect of dietary L-tryptophan on plasma cortisol levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 3589-3599, 2003.

LEPAGE, O. et al. Tryptophan affects both gastrointestinal melatonin production and interrenal activity in stressed and nonstressed rainbow trout. **Journal of Pineal Research**, v. 38, p. 264-271, 2005.

LI, Y. Z. et al. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 212-220, 2006.

LINDEMANN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 1298-1307, 1986.

LOMAS, C. A. et al. Visual awareness. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 57, p. 247-257, 1998.

LOVE, R. J.; EVANS, G.; KLUPIEC, C. Seasonal effects on fertility in gilts and sows. **Journal Reproduction Fertility**, v. 48, p. 191-206, 1993.

MABRY, J. W.; COFFEY, M. T.; SEERLEY, R. W. A comparison of an 8- versus 16-hour photoperiod during lactation on suckling frequency of the baby pig and maternal performance of the sow. **Journal of Animal Science**, v. 57, p. 292-295, 1983.

MACK, A. C.; UNSHELM, J. Circadian rhythm of the light-dependant hormone melatonin as an indicator for the photic requirement of domestic pig. In: Saloniemi, H. (Ed). **INTERNATIONAL CONGRESS IN ANIMAL HYGENE**, 9., 1997, Helsinki, Finland. **Proceedings...** Helsinki, 1997. p. 216-220.

MACKENZIE, C. R.; HADDING, U.; DÄUBENER, W. Interferon- $\gamma$ -induced activation of indoleamine 2, 3-dioxygenase in cord blood monocyte-derived macrophages inhibits the growth of group B streptococci. **Journal of Infectious Diseases**, v. 178, p. 875-878, 1998.

MACKENZIE, C. R. et al. Role of indoleamine 2, 3-dioxygenase in antimicrobial defence and immuno-regulation: tryptophan depletion versus production of toxic kynurenines. **Current Drug Metabolism**, v. 8, p. 237-244, 2007.

MAGANHIN, C. C. et al. Efeitos da melatonina no sistema genital feminino: breve revisão. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 54, p. 267-271, 2008.

MAHAN, D. C.; SHIELDS, R. G. Essential and nonessential amino acid composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight, and comparison to other studies. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 513-521, 1998.

MAIA, A. P. A. et al. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 14, p. 2862-2877, 2013.

MAKKINK, C. A. et al. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, v. 72, p. 353-368, 1994.

MARKUS, C. R. 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.

MARKUS, C. R. et al. The bovine protein  $\alpha$ -lactalbumin increases the plasma ratio of tryptophan to the other large neutral amino acids, and in vulnerable subjects raises brain serotonin activity, reduces cortisol concentration, and improves mood under stress. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 1536-1544, 2000.

MASON, J. W. A review of psychoendocrine research on the pituitary-adrenal cortical system. **Psychosomatic Medicine**, v. 30, p. 576-607, 1968.

- MATTIELLO, S. et al. Effetto dell'intensità di illuminazione sul benessere del suino pesante in due differenti sistemi stabulativi. **Rivista di Suinicoltura**, v. 10, p. 157-161, 2004.
- MAUGET, R. Seasonality of reproduction in the wild boar. In: COLE, D. J. A.; FOXCROFT, G. R. (Ed.). **Control of pig reproduction**. London: Butterworth, 1982. p. 509-526.
- MAUGET, R. Seasonal anoestrus in wild sows. In: ELLENDORFF, F.; ELSAESSER, F. (Eds.). **Endocrine causes of seasonal and lactational anoestrus in farm animals**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985. p. 108-118.
- MCCONNELL, S. J.; ELLENDORFF, F. Absence of nocturnal plasma melatonin surge under long and short artificial photoperiods in the domestic sow. **Journal of Pineal Research**, v. 4, p. 201-210, 1987.
- MCEWEN, B. S. Glucocorticoid-biogenic amine interactions in relation to mood and behavior. **Biochemical Pharmacology**, v. 36, p. 1755-1763, 1987.
- MCGLONE, J. J. et al. Photoperiod and heat stress influence on lactating sow performance and photoperiod effects on nursery pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 1915-1919, 1988.
- MELLAGI, A. P. G. et al. Efeito da infertilidade sazonal na eficiência reprodutiva de suínos. **Suinocultura em Foco**, v. 17, p. 6-8, 2006.
- MELCHIOR, D. et al. Chronic lung inflammation affects plasma amino acid concentrations in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1091-1099, 2004.
- MELLOR, S. Alternatives to antibiotics. **Pig Progress**, v. 16, p. 18-21, 2000a.
- MELLOR, S. Solving the problems of weaning is no mean feat. **Pig Progress**, v. 16, p. 31-33, 2000b.
- MELLOR, A. L. et al. Cutting edge: CpG oligonucleotides induce splenic CD19+ dendritic cells to acquire potent indoleamine 2, 3-dioxygenase-dependent T cell

regulatory functions via IFN Type 1 signaling. **The Journal of Immunology**, v. 175, p. 5601-5605, 2005.

MEUNIER-SALAÜN, M. C. et al. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on behavior, plasma cortisol, and brain metabolites of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3689-3698, 1991.

MEUNIER-SALAÜN, M. C. et al. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on behavior, plasma cortisol, and brain metabolites of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 3689-3698, 1999.

MILLET, S. The interaction between dietary valine and tryptophan content and their effect on the performance of piglets. **Animals**, v. 2, p. 76-84, 2012.

MOITA, A. M. S. et al. Exigência de proteína bruta de leitões de 12 a 28 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, p. 792-801, 1994.

MORAES, D. T. et al. Effect of lighting programs on performance, carcass yield, and immunological response of broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 201-208, 2008.

MORES, N. et al. Manejo do leitão desde o nascimento até o abate. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.). **Suinocultura intensiva**. Concórdia: EMBRAPA, 1998. p. 135-162.

MÖSTL, E.; PALME, R. Hormone as indicators of stress. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 23, p. 67-74, 2002.

MUNSON, L.; TERIO, K. A. Impact of stress on the health of captive wildlife: The cheetah paradigm. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN COLLEGE OF VETERINARY PATHOLOGISTS, 56., 2005, Boston. **Anais...** Madison: American College of Veterinary Pathologists and American Society For Veterinary Information Service, 2005. p.542-548.

- MURRAY, M. F. Tryptophan depletion and HIV Tryptophan depletion and HIV infection: a metabolic link to pathogenesis. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 3, p. 644-652, 2003.
- NEGRÃO, A.B. e LICINIO, J. Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 44, p. 205-214, 2000.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1124 p.
- NIEKAMP, S. R. et al. Photoperiod influences the immune status of multiparous gestating sows and their piglets. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 2072-2082, 2006.
- NIEKAMP, S. R. et al. Immune responses of piglets to weaning stress: impacts of photoperiod. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 93-100, 2007.
- NOGUEIRA, E. et al. **Nutrição de aminoácidos para leitões**: uma visão da indústria. 2012. Disponível em: <<http://www.lisina.com.br>>. Acesso em: 9 jun. 2013.
- NØRGAARD, J. V. et al. Optimum standardized ileal digestible tryptophan to lysine ratio for pigs weighing 7–14kg. **Livestock Science**, v. 175, p. 90-95, 2015.
- O'CONNOR, J. C. et al. Interferon- $\gamma$  and tumor necrosis factor- $\alpha$  mediate the upregulation of indoleamine 2, 3-dioxygenase and the induction of depressive-like behavior in mice in response to bacillus Calmette-Guérin. **The Journal of Neuroscience**, v. 29, p. 4200-4209, 2009.
- OLIVEIRA JÚNIOR, G. M. **Relação triptofano e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para leitões pós-desmamados criados em ambientes com e sem desafio sanitário**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- PAJOR, E. A.; FRASER, D.; KRAMER, D. L. Consumption of solid food by suckling pigs: individual variation and relation to weight gain. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 32, p. 139-155, 1991.

PALME, R. et al. Excretion of infused <sup>14</sup>C-steroid hormones faeces and urine in domestic livestock. **Animal Reproduction Science**, v. 43, p. 43-63, 1996.

PARDRIDGE, W. M. Tryptophan transport through the blood-brain barrier: in vivo measurement of free and albumin-bound amino acid. **Life Sciences**, v. 25, p. 1519-1528, 1979.

PARDRIDGE, W. M. CNS drug design based on principles of blood-brain barrier transport. **Journal of Neurochemistry**, v. 70, p. 1781-1792, 1998.

PAREDES, S. D. et al. Comparative study of the activity/rest rhythms in young and old ringdove (*Streptopelia risoria*): correlation with serum levels of melatonin and serotonin. **Chronobiology International**, v. 23, p. 779-793, 2006.

PAREDES, S. D. et al. Altered circadian rhythms of corticosterone, melatonin, and phagocytic activity in response to stress in rats. **Neuro Endocrinology Letters**, v. 28, p. 489-495, 2007.

PAREDES, S. D. et al. Assessment of the potential role of tryptophan as the precursor of serotonin and melatonin for the aged sleep-wake cycle and immune function: streptopelia risoria as a model. **International Journal of Tryptophan Research**, v. 2, p. 23-36, 2009.

PATERSON, A. M. et al. Concentrations of plasma melatonin and luteinizing hormone in domestic gilts reared under artificial long and short days. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 94, p. 85-95, 1992.

PELTONIEMI, O. A. T. et al. Seasonal and management effects on fertility of the sow: a descriptive study. **Animal Reproduction Science**, v. 55, p. 47-61, 1999.

PELTONIEMI, O. A. T.; TAST, A.; LOVE, R. J. Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. **Animal Reproduction Science**, v. 60, p. 173-184, 2000.

PEREIRA, A. A. **Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 97 aos 125 kg.** 2007. 33 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

- PEREIRA, A. A. et al. 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, p. 1984-1989, 2008.
- PESCHKE, E. Melatonin, endocrine pancreas and diabetes. **Journal of Pineal Research**, v. 44, p. 26-40, 2008.
- PETERS, J. C. Tryptophan nutrition and metabolism: an overview. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 294, p. 58-345, 1991.
- PETHICK, D. W. et al. Nutritional manipulation of meat quality. In: CRANWELL, P.D. (Ed.). **Manipulating pig production**. Werribee: Australasian Pig Science Association, 1997. v. 6, p. 91-123.
- PFEFFERKORN, E. R. Interferon gamma blocks the growth of *Toxoplasma gondii* in human fibroblasts by inducing the host cells to degrade tryptophan. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 81, p. 908-912, 1984.
- PLUSKE, J. R.; WILLIAMS, I. H.; AHERNE, F. X. Nutrition of the neonatal pig. In: VARLEY, M. A. (Ed.). **The neonatal pig: development and survival**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 187-235.
- POLETO, R. Maternal behaviour. In: MILLS, D. S. **The encyclopedia of applied animal behaviour and welfare**. Wallingford: CABI International, 2010. p. 402-405.
- PONTER, A. A. et al. Intragastric tryptophan reduces glycemia after glucose, possibly via glucose-mediated insulinotropic polypeptide (GIP) in early weaned piglets. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 259-267, 1994a.
- PONTER, A. A. et al. The effects of energy source and tryptophan on the rate of protein synthesis and hormones of the entero-insular axis in the piglet. **British Journal Nutrition**, v. 71, p. 661-674, 1994b.
- POPOV, A.; SCHULTZE, J. L. IDO-expressing regulatory dendritic cells in cancer and chronic infection. **Journal of Molecular Medicine**, v. 86, p. 145-160, 2008.

PRUNIER, A. et al. Metabolic and endocrine changes associated with under nutrition in the peripubertal gilt. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 1887-1894, 1993.

PRUNIER, A. et al. Environmental and seasonal influences on the return to oestrus after weaning in primiparous sow. A review. **Livestock Production Science**, v. 45, p. 103-110, 1996.

PRZEKOP, F. et al. Changes in circadian rhythm and suppression of the plasma cortisol level after prolonged stress in the shepp. **Acta Endocrinologica**, v. 110, p. 540-545, 1985.

PUPPE, B.; TUCHSCHERER, M.; TUCHSCHERER, A. The effect of housing conditions and social environment immediately after weaning on the agonistic behaviour, neutrophil/lymphocyte ratio, and plasma glucose level in pigs. **Livestock Production Science**, v. 48, p. 157-164, 1997.

REEDS, P. J. et al. Growth regulation with particular reference to the pig. In: HOLLIS, G. R. (Ed.). **Growth of the pig**. Wallingford: CAB International, 1993.

REEDS, P. J.; FJELD, C. R.; JAHOR, F. Do the differences between the amino acid compositions of acute-phase and muscle proteins have a bearing on nitrogen loss in traumatic states?. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 906-910, 1994.

REINERS, K.; HESSEL, E. F.; SIELING, S. Influence of photoperiod on the behavior and performance of newly weaned pigs with a focus on time spent at the feeder, feed disappearance, and growth. **Journal of Swine Health and Production**, v. 18, p. 230-238, 2010.

REITER, R. J. et al. Pineal melatonin rhythm: reduction in aging Syrian hamsters. **Science**, v. 210, p. 1372-1373, 1980.

REITER, R. J.; BRITT, J. H.; ARMSTRONG, J. D. Absence of a nocturnal rise in either norepinephrine, N-acetyltransferase, hydroxyindole-O-methyltransferase or melatonin in the pineal gland of the domestic pig kept under natural environment photoperiods. **Neuroscience Letters**, v. 81, p. 171-176, 1987.

REITER, R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar. **Experientia**, v. 49, p. 654-664, 1993.

ROBERGS, R. A.; ROBERTS, S. **Princípios fundamentais de fisiologia do exercício: para aptidão, desempenho e saúde**. São Paulo: Phorte, 2002.

RODRIGUES, N. E. B. et al. Níveis de treonina em rações para leitões dos 6 aos 15 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 2033-2038, 2001.

ROHLFS, I. C. P. M. et al. Relação da síndrome do excesso de treinamento com estresse, fadiga e serotonina. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 367-372, 2005.

ROLLIN, B. E. **Farm animal welfare: social, bioethical, and research issues**. Ames: Iowa State University Press, 1995. 168 p.

ROMERO, C. E. M.; ZANESCO, A. O papel dos hormônios leptina e grelina na gênese da obesidade. **Revista de Nutrição**, p. 85-91, 2006.

ROSEBROUGH, R. W. Crude protein and supplemental dietary tryptophan effects on growth and tissue neurotransmitter levels in the broiler chicken. **Journal of Nutrition**, v. 76, p. 87-96, 1996.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2. ed. Viçosa: Horácio Santiago Rostagno, 2011. 252p.

RUDDICK, J. P. et al. Tryptophan metabolism in the central nervous system: medical implications. **Expert Reviews in Molecular Medicine**, v. 8, p. 1-27, 2006.

RUIS, M. A. W. et al. Personalities in female domesticated pigs: behavioural and physiological indications. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 66, p. 31-47, 2000.

RUIS, M. A. W. et al. Behavioural and physiological consequences of acute social defeat in growing gilts: effects of the social environment. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 70, p. 201-225, 2001.

RUSSO, S. et al. Tryptophan as a link between psychopathology and somatic states. **Psychosomatic Medicine**, v. 65, p. 665-671, 2003.

SAINIO, E. L.; PULKKI, K.; YOUNG, S. N. L-Tryptophan: Biochemical, nutritional and pharmacological aspects. **Amino Acids**, v. 10, p. 21-47, 1996.

SANTANA, A. P. et al. Dosagem de cortisol sanguíneo em suínos submetidos ao manejo pré-abate e insensibilização elétrica. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 149-152, 2009.

SARUBBI, J. et al. Importância da iluminação para o bem-estar de suínos. **Suínocultura Industrial**, v. 36, p. 32-37, 2013.

SAVORY, C. J.; MANN, J. S.; MACLEOD, M. G. Incidence of pecking damage in growing bantams in relation to food form, group size, stocking density, dietary tryptophan concentration and dietary protein source. **British Poultry Science**, v. 40, p. 579-584, 1999.

SAWADOGO, M. L. et al. Marginal efficiency of free or protected crystalline L-tryptophan for tryptophan and protein accretion in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 1561-1568, 1997.

SCHUTZ, G.; FEIGELSON, P. Purification and properties of rat liver tryptophan oxygenase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 247, p. 5327-5332, 1972.

SÈVE, B.; LE FLOC'H, N. Mutual valorisation of crystalline L-tryptophan and L-threonine in starter feed for piglets. Role of the liver threonine dehydrogenase. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 30, p. 209-216, 1998.

SÈVE, B. Physiological roles of tryptophan in pig nutrition. In: HUETHER, G. et al. **Tryptophan, Serotonin, and Melatonin: basic aspects and applications**. New York: Kluwer Academy, 1999. p. 729-741.

SHEA, M. M.; MENCH, J. A.; THOMAS, O. P. The effect of dietary tryptophan on aggressive behavior in developing and mature broiler breeder males. **Poultry Science**, v. 69, p. 1664-1669, 1990.

SHEA-MOORE, M. M.; THOMAS, O. P.; MENCH, J. A. Decreases in aggression in tryptophan-supplemented broiler breeder males are not due to increases in blood niacin levels. **Poultry Science**, v. 75, p. 370-374, 1996.

SHEN, Y. B. et al. Effects of increasing tryptophan intake on growth and physiological changes in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 2264-2275, 2012.

SIJBEN, J. W. C. et al. Energy metabolism of immunized weanling piglets is not affected by dietary yeast. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 79, p. 153-161, 1998.

SIMONSEN, H. B. Behaviour and distribution of fattening pigs in the multi-activity pen. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 27, p. 311-324, 1990.

SMITH, A. J.; STONE, T. W.; SMITH, R. A. Neurotoxicity of tryptophan metabolites. **Biochemical Society Transactions**, v. 35, p. 1287-1289, 2007.

SMULDERS, D. et al. Validation of a behavioral observation tool to assess pig welfare. **Physiology & Behavior**, v. 89, p. 438-447, 2006.

SOBESTIANSKY, J. et al. Produção, manejo e saúde do rebanho. In:\_\_\_\_\_. *Suinocultura intensiva*. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998. cap. 4, p. 65-90.

SOUSA JUNIOR, V. **Influência da iluminação artificial no desempenho e saúde de leitões na fase de creche**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

SOUZA, S. et al. Teste de preferência de leitões submetidos a escamoteadores enriquecidos com lâmpadas de cor azul. In: CONGRESSO ABRAVES, 15., 2011, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABRAVES, 2011.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 879 p.

SRINIVASAN, V. et al. Agomelatine in depressive disorders: its novel mechanisms of action. **Journal of Neuropsychiatry Clinical Neuroscience**, v. 24, p. 290-308, 2012.

STEVENSON, J. S. et al. Influence of supplemental light on sow performance during and after lactation. **Journal of Animal Science**, v. 56, p. 1282, 1983.

STOCHE, R. M.; GARCIA, L. V.; KLAMT, J. G. Anestesia e resposta neuroendócrina e humoral ao estresse cirúrgico. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 51, p. 59-69, 2001.

STONE, T. W. Endogenous neurotoxins from tryptophan. **Toxicon**, v. 39, p. 61-73, 2001.

TAKEUCHI, H. et al. Lighting System to Control Color Temperature Using RGB Fluorescent Lamps. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 23, p. 99-107, 1994.

TAKIKAWA, O. et al. Tryptophan degradation in mice initiated by indoleamine 2, 3-dioxygenase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 261, p. 3648-3653, 1986.

TANIDA, H. et al. Color discrimination in weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, p. 1029-1034, 1991.

TANIDA, H. et al. Behavioral Responses of pigs to sound. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 49, p. 173-183, 1996.

TAST, A. et al. The pattern of melatonin secretion is rhythmic in the domestic pig and responds rapidly to changes in daylength. **Journal of Pineal Research**, v. 31, p. 294-300, 2001a.

TAST, A. et al. The photophase light intensity does not affect the scotophase melatonin response in the domestic pig. **Animal Reproduction Science**, v. 65, p. 283-290, 2001b.

TAYLOR, N. R. et al. Preference of pigs for illuminance. In: FERRANTE, V. et al. (Ed.). ISAE CONGRESS, 37., 2003, Abano Terme, Italy. **Proceedings ... Abano Terme, 2003.** p. 165.

TAYLOR, N. et al. Preference of growing pigs for illuminances. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 96, p. 19-31, 2006.

THAELA, M. J. et al. Circadian and ultradian components of pancreatic secretion in restrictly fed pigs. **Journal Animal Science**, v. 76, p. 1131-1139, 1998.

TSIGOS, C.; CHROUSOS, G. P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors, and stress. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 53, p. 865- 871, 2002.

VAN HIERDEN, Y. M.; KOOLHAAS, J. M.; KORTE, S. M. Chronic increase of dietary L-tryptophan decreases gentle feather pecking behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 89, p. 71-84, 2004.

VAN PUTTEN, G. Objective observation on the behaviour of fattening pigs. **Animal Regulatory Studies**, v. 3, p. 105-108, 1980.

VENKER, C. A. et al. Associação entre estresse, cortisol e HIV/AIDS. **NewsLab**, v. 101, p. 120-127, 2010.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2003. p. 255-284.

VIRGILI, R. T. T.; SCHIVAZAPPA, C.; MAZZOTTA, M. Effect of seasonal changes on muscle cathepsin activity and pH 24 of Italian heavy pig. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 8., 2002, Rome. **Proceeding...** Rome, 2002. v. 2, p. 600-601.

XUE, J. L. et al. Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 204, p. 1486-1489, 1994.

YEAGER, M. P.; GUYRE, P. M.; MUNCK, A. U. Glucocorticoid regulation of the inflamatory response to injury. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 48, p. 799-813, 2004.

YURKOV, V. Effect of light on pigs. **Svinovodstvo**, v. 5, p. 29-30, 1985.

WEILER, U. et al. Influence of the photoperiod and a light reverse program on metabolically active hormones and food intake in domestic pigs compared with a wild boar. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 76, p. 531-539, 1996.

WELLS, R. M. G.; PANKHURST, N. W. Evaluation of simple instruments for the measurement of blood glucose and lactate, and plasma protein as a stress indicator in fish. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, p. 276-284, 1999.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, p. 591-625, 1997.

WHIPP, S. C. et al. Diurnal variation in concentrations of hydrocortisone in plasma of swine. **American Journal of Veterinary Research**, v. 31, p. 2105-2107, 1970.

WINBERG, S.; ØVERLI, Ø.; LEPAGE, O. Suppression of aggression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by dietary L-tryptophan. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, p. 3867-3876, 2001.

WOLF, H. Studies on tryptophan metabolism in man: the effect of hormones and vitamin B6 on urinary excretion of metabolites of the kynurenine pathway. **Scandinavian Society for Clinical Chemistry and Clinical Physiology**, v. 136, p. 1-186, 1974.

WU, G.; KNABE, D. A.; KIM, S. W. Arginine nutrition in neonatal pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 134, p. 2783S-2790S, 2004.

WU, G. et al. Amino acid nutrition in animals: Protein Synthesis and Beyond. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, p. 387-417, 2014.

ZHANG, H. et al. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 33, p. 47-61, 2007.

## **CAPÍTULO II**

## **DIFERENTES PROGRAMAS DE LUZ E TRIPTOFANO SUPLEMENTAR NA DIETA DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do aumento do nível de triptofano na dieta de leitões desmamados submetidos a diferentes programas de luz. Foram utilizados 72 leitões desmamados aos 21 dias de idade (peso inicial de  $6,6 \pm 2,33$  kg). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 24 dias de duração em esquema fatorial 2 x 2 (PL: 12 ou 23h de luz/dia e dois NT digestível: 2,6 ou 5,2 g de L-Trp / kg de ração pré-inicial 1 (0-14 dias) e de 2,4 ou 4,8 g de L-Trp / kg na dieta pré-inicial 2 (15-24 dias), com 6 repetições e 3 animais por parcela. Foram avaliados o desempenho, glicemia, perfil plasmático do cortisol e comportamento dos animais. A glicose no sangue foi determinada nos dias 0 e 24, e o cortisol nos dias 0 e 8. O comportamento foi observado nos dias 2, 9, 16 e 23. Não houve interação entre PL e NT sobre desempenho e glicose. Nos períodos de 0-14 e 0-24 dias, os tratamentos não influenciaram o ganho diário de peso, consumo diário de ração e glicose no sangue, enquanto que a conversão alimentar melhorou ( $P < 0,05$ ) apenas no período de 0-14 dias para os animais que receberam 12 horas de luz/dia. Os tratamentos não influenciaram a frequência do comportamento “em movimento”, entretanto houve interação entre PL e NT para o cortisol plasmático, frequência dos comportamentos “ócio” e “alimentar”. Leitões que receberam o maior NT apresentaram menor nível de cortisol plasmático ( $P < 0,05$ ), menor comportamento “alimentar” ( $P < 0,05$ ) e maior comportamento “ócio” ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais que receberam NT normal quando submetidos ao PL de 23 horas de luz/dia. O uso de PL de 23h de luz/dia não é indicado, entretanto, quando este manejo for adotado o maior nível de triptofano na dieta é recomendado.

**Palavras-chave:** aminoácido, fotoperíodo, suíno

## DIFFERENT LIGHT PROGRAMS AND DIET SUPPLEMENTARY TRIPTOPHAN OF WEANLING PIGLETS

**Abstract:** The objective of the present study was to evaluate the effects of light programs (LP) and tryptophan levels (TL) in the diet on performance, blood glucose, plasma profile of cortisol and behavior. A total of 72 piglets weaned at 21 days of age (starting weight 2.33 kg  $6.6\pm$ ) was used. The experimental design was randomized blocks with 24 days duration in a factorial 2 x 2 (LP 12 or 23h light / day and two digestible TL: 2.6 or 5.2 g of L-Trp / kg diet on pre-starter 1 (0-14 days) and 2.4 or 4.8 g of L-Trp / kg diet on pre-starter 2 (15-24 days), with 6 repetitions and 3 animals per pen. Glucose blood was determined on d 0 and 24, and cortisol on d 0 and 8. The behavior was observed on d 2, 9, 16 and 23. No effects of PL and NT interaction were observed on performance and blood glucose. In periods of 0- 14 and 0-24 days, the treatments did not influence the daily weight gain, daily feed intake and blood glucose, while feed conversion improved ( $P < 0.05$ ) only in the period of 0-14 days for piglets receiving PL 12h light / day. Treatments did not influence the frequency of “moving” behavior, however there was interaction between PL and NT for plasma cortisol, frequency of “feeding” and “lying” behavior. Piglets that received high NT had lower plasma cortisol level ( $P < 0.05$ ), lower “feeding” behavior ( $P < 0.05$ ) and increased “lying” behavior ( $P < 0.05$ ) compared to animals that received normal NT when subjected to PL 23 hours light / day. The PL 23h light / day isn't indicated for piglets, but when this happen, highest tryptophan level in the diet is recommended.

**Key Words:** amino acid, photoperiod, pig

## **Introdução**

O desmame dos leitões é uma prática de manejo crítica no sistema intensivo de produção, devido ao estresse ocasionado principalmente por alterações nutricionais e ambientais que acarretam em baixo consumo de ração, desequilíbrio da microbiota e alterações na mucosa intestinal, queda da resposta imune e surgimento de diarreias que comprometem o crescimento (Mahan, 1991). O estresse do desmame pode acarretar no aparecimento de comportamentos anômalos para tentar suprir a frustração, fome, medo ou monotonia (Hemsworth e Coleman, 1998).

Os suínos são animais gregários, que tendem a manter hierarquia social estável, porém, após o desmame ocorre alteração do grupo social pré-estabelecido devido a mistura de leitegadas para formação de lotes homogêneos quanto ao peso e ao sexo, desencadeando aumento de interações agonísticas e brigas para estabilização da nova hierarquia social (Fraser e Broom, 1990; Andersen et al., 2000).

Durante a resposta ao estresse, o sistema endócrino libera uma série de hormônios, dentre eles o cortisol, responsável por regular a disponibilidade de glicose no sangue que é utilizada como substrato energético nas reações de alarme. Sendo assim, tanto o cortisol, quanto a glicose, podem ser utilizados na avaliação da resposta ao estresse pelo qual o animal foi submetido (Barra Filho et al., 2002; Guyton e Hall, 2006).

A manipulação da composição da dieta pode ser usada para aliviar os aspectos negativos do estresse do desmame. O triptofano é o quarto aminoácido limitante para leitões que recebem rações a base de milho e soja e além de ser essencial para síntese proteica, é precursor de metabólitos importantes como a serotonina e melatonina, relacionadas com a regulação das funções gastrintestinais, regulação da expressão e secreção de grelina, estímulo da ingestão de alimentos, regulação da temperatura e resposta imunológica (Rossi e Tirapegui, 2004; Zhang et al., 2007; Ning e Qian, 2008; Pereira et al., 2008). Tem sido documentado que quando oferecidos em níveis que excedem as recomendações para máximo crescimento, o triptofano da dieta pode influenciar a susceptibilidade ao estresse e o comportamento de suínos (Adeola e Ball, 1992; Van Hierden et al., 2004). Dietas contendo níveis de triptofano mais elevados do que os sugeridos para crescimento ótimo, podem ser úteis na redução do estresse e melhora do bem-estar em suínos, durante períodos específicos como o desmame (Sève et al., 1991; Koopmans et al., 2005; Martinez-Trejo et al., 2009).

O fotoperíodo tem importância no ciclo de diversas funções corporais e também influência sobre o bem-estar animal, comportamento e reprodução (Baêta e Souza, 2010). Tanto o suíno selvagem como o doméstico são capazes de reagir metabolicamente e comportamentalmente frente às mudanças no fotoperíodo, traço característico herdado de seus ancestrais que relacionavam essas variações no número de horas de luz por dia a disponibilidade de água, alimento e mudanças sazonais de temperatura. A iluminação artificial tem sido usada nas diversas fases de criação de suínos e para leitões desmamados parece agir como fator estimulante para que iniciem o consumo de ração mais precocemente (Bruininx et al., 2001), melhorando assim o desempenho (Glatz, 2001; Reiners et al., 2010; Souza Júnior et al., 2011). Entretanto, períodos de escuridão são necessários para que haja a produção e liberação da melatonina (Maganhin et al., 2008), hormônio que exerce função na atividade do aparelho digestivo, regulação do sistema imunológico, função antioxidante, ritmos de sono e vigília e concentrações de hormônios (Paredes et al., 2009; Amaral et al., 2014).

Considerando que o triptofano é precursor da serotonina, que é produzida na fase clara, e que posteriormente é convertida a melatonina durante a fase escura, é possível que haja relação entre o nível de triptofano na dieta oferecido aos leitões e o fotoperíodo, de modo que ambos possam agir na regulação da resposta ao estresse do desmame. Deste modo, objetivou-se avaliar se os efeitos do aumento de 100% no nível de triptofano na dieta de leitões desmamados, submetidos a diferentes programas de luz (12L:12E e 23L:1E) é capaz de reduzir ou neutralizar os efeitos negativos do desmame sobre o consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar, glicemia, perfil plasmático do cortisol e comportamento.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ, Câmpus de Botucatu, localizada na região centro Sul do estado de São Paulo com latitude 22°53'09" (S), longitude 48°26'42" (O) e altitude de 804 metros. Todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais desta Instituição, protocolo n°30/2014-CEUA (Anexo 7).

### *Instalações e dietas experimentais*

Utilizaram-se 72 leitões híbridos de linha comercial (machos castrados e fêmeas) desmamados com idade média de 21 dias e peso médio de  $6,6 \pm 2,33$  kg. Os leitões foram alojados em duas câmaras bioclimáticas, em baias de piso compacto com cama de maravalha de aproximadamente 3,0 cm e dimensões de 0,9 x 2,6 m, equipadas com comedouros e bebedouros tipo chupeta. A temperatura interna das câmaras foi controlada a 26°C durante os primeiros quatorze dias e 23°C nos últimos dez dias, condição em que os animais se encontraram na zona termoneutra. A ventilação interna das câmaras foi feita por exaustores nas horas mais quentes do dia. O programa de luz foi aplicado com o uso de lâmpadas incandescentes com iluminância constante de 40 lux (o nível mínimo exigido) na altura dos olhos dos animais. Um luxímetro digital portátil *Instrutherm*®, modelo LD-300 com escala de 0,1~50000 lux foi utilizado para mensuração da luminosidade. Para monitoramento de oscilações indesejáveis nas variáveis ambientais, foram instalados sensores da marca HOB0® tipo *data logger*, posicionados o mais próximo possível dos animais, de maneira que os mesmos não os alcançassem.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com arranjo fatorial dos tratamentos 2x2 (dois níveis de triptofano nas dietas, sendo: nível normal atendendo as recomendações de Rostagno et al. (2011) – 0,26 e 0,24% de triptofano digestível nas dietas pré-inicial I e pré-inicial II respectivamente - e nível 100% superior e dois regimes de luz: 12 h de luz e 12 h de escuro e 23 h de luz e 1 h de escuro) com seis repetições (blocos) por tratamento e três animais por unidade experimental. No programa 23L:1E as luzes eram ligadas às 7h e desligadas às 6h e no programa de 12L:12E as luzes foram mantidas ligadas das 7h às 19h. Os critérios para formação dos blocos foram peso e o sexo dos leitões.

A duração do experimento foi de 24 dias, período em que os leitões receberam água a vontade e dois tipos de dieta, de acordo com o seguinte programa de alimentação por fases: dieta pré-inicial I dos 21 aos 35 dias de idade e dieta pré-inicial II dos 36 aos 45 dias de idade. As dietas foram formuladas para atender no mínimo as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011) para cada uma das fases estudadas e fornecidas à vontade. A composição percentual e os níveis nutricionais calculados das dietas estão apresentados na Tabela 1.

### *Desempenho e parâmetros indicadores de estresse*

Para a determinação de ganho de peso, os animais foram pesados no início (dia 0), no 14° e 24° dia do experimento. O consumo de ração foi calculado em cada fase, por diferença entre a quantidade de ração fornecida e as sobras ao final de cada fase experimental. A conversão alimentar foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso dos animais.

Para determinação do perfil plasmático de cortisol foi realizada colheita de sangue de seis animais escolhidos aleatoriamente de cada tratamento, na veia cava, usando agulhas e vacutainer de 9 mL com solução de EDTA a 3%, um dia antes do desmame (d -1) e no oitavo dia após o desmame (d 8) entre 8h e 9h da manhã, assegurando que não houvesse picos endógenos de cortisol. Para evitar estresse adicional, os leitões foram levados individualmente a uma sala separada e a colheita foi realizada o mais rápido possível. As amostras de sangue foram levadas ao laboratório de análises clínicas, onde passaram por centrifugação (3000 r.p.m., durante 10 minutos) para separação do plasma que foi acondicionado em ependorfes identificados e submetido a congelamento. Posteriormente, foram encaminhadas, para laboratório para realização da dosagem de cortisol plasmático pelo método de radioimunoensaio (RIE) por meio de um “kit” comercial (Beckman Colter®) com sensibilidade de 5 nM e leitura realizada no leitor automático Gamma Wizard<sup>2</sup>® modelo 1470 – Software MultCalc<sup>®</sup> (PerkinElmer). O período escolhido para a análise de cortisol baseou-se nos resultados de Adeola e Ball (1992), que relataram que o aumento da produção de serotonina após o oferecimento de alimentação suplementada com triptofano leva em média cinco dias, assim, contabilizamos mais três dias para que todos os animais tivessem iniciado o consumo e chegou-se aos oito dias para a coleta de sangue.

Os níveis sanguíneos de glicose foram aferidos em seis animais escolhidos aleatoriamente de cada tratamento, um dia antes do desmame (d -1) e no último dia do experimento (d 24) sempre às 8h com glicosímetro digital ACCU-CHEK<sup>®</sup> Performa (Roche Diagnóstica do Brasil Ltda.), a partir do sangue coletado de seis animais escolhidos aleatoriamente de cada tratamento, por punção da veia marginal da orelha com agulha. A medida foi tomada no último dia experimental com a

intenção de avaliar a duração e amplitude do estresse gerado pelo desmame e a adaptabilidade do organismo.

Os dados de desempenho, cortisol e glicose foram então submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do pacote estatístico do SAS® (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA) e as médias comparadas pelo teste F (5% de significância). As concentrações basais de glicose e cortisol plasmático avaliados um dia antes do desmame (d -1) serviram para ajuste final das médias por covariável.

### *Comportamento*

Quatro mini câmeras foram fixadas estrategicamente na mesma altura e posição nas câmaras bioclimáticas seguindo sempre o mesmo padrão, para obter o maior campo de visão possível e com o objetivo de registrar o comportamento de todo o grupo de leitões. Para possibilitar as filmagens quando as instalações não estavam iluminadas, as câmaras foram equipadas com lâmpada de infravermelho com um comprimento de onda de 850 nm, o que não é visível para os animais. As câmeras estavam ligadas a um multiplexador, que monitorou as imagens e, simultaneamente, registrou-as em gravador de lapso de tempo com modo de gravação de 24h.

A amostragem do comportamento de cada animal foi registrada considerando um etograma (Tabela 2) pelo método de amostragem por varrimento (“scan”) descrito por Fraser e Broom (1990), em registro contínuo de 24 horas em intervalos de quinze minutos de cada animal, nos dias 2, 9, 16 e 23. Para minimizar os erros causados por diferentes observadores, as observações comportamentais foram realizadas por um único indivíduo. Imagens sobre os comportamentos observados podem ser encontradas nos Anexos de 1 a 6.

Para análise estatística os dados comportamentais, o número de comportamentos foi transformado em frequência e após confirmação da existência da distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, os dados foram analisados por meio do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA), atribuindo significância quando  $P \leq 0,05$ .

## **Resultados**

### *Desempenho*

Não houve interação ( $P>0,05$ ) dos programas de iluminação e níveis de triptofano no consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) (Tabela 3). Nos períodos de 0 a 14 e 0 a 24 dias não houve efeito dos tratamentos para GDP e CDR, enquanto que a CA foi melhor ( $P<0,05$ ) no período de 0 a 14 dias para os leitões que receberam 12 horas de luz por dia em comparação com aqueles que receberam 23 horas de luz por dia, entretanto, esta variável não foi influenciada no período total de experimento (0 a 24 dias).

### *Parâmetros indicadores de estresse*

Não houve interação entre os níveis de triptofano e programas de luz nem efeito dos tratamentos ( $P>0,05$ ) sobre a glicose sanguínea (Tabela 4). Houve interação ( $P<0,0002$ ) dos fatores sobre o nível de cortisol plasmático (Tabela 5). Leitões que receberam 23 h de luz por dia apresentaram maior nível de cortisol plasmático ( $P<0,0001$ ) do que os que receberam 12 h de luz por dia quando alimentados com dieta contendo NT normal (2,6 g L-Trp / kg), enquanto em regime de luz de 12 h por dia, o NT alto (5,2 g L-Trp / kg) na dieta aumentou ( $P<0,03$ ) a concentração de cortisol plasmático.

### *Comportamento*

Não houve interação e nem efeito dos tratamentos sobre o comportamento “em movimento” ( $P>0,05$ ) (Tabela 6). Houve interação dos fatores sobre os comportamentos “alimentar” ( $P<0,006$ ) e “ócio” ( $P<0,02$ ). Os leitões que receberam 23 h de luz por dia e foram alimentados com dieta contendo NT normal apresentaram maior frequência de comportamento “alimentar” ( $P<0,006$ ) e menor frequência do comportamento “ócio” ( $P<0,02$ ) comparado com os leitões que receberam 23 h de luz por dia e foram alimentados com dieta contendo NT alto e maior comportamento “alimentar” comparado aos que receberam 12 h de luz por dia e alimentados com dieta contendo NT normal. Por outro lado, os programas de luz não influenciaram as frequências dos comportamentos “alimentar” e “ócio” quando os leitões foram alimentados com dieta contendo nível mais alto de triptofano (Tabela 6).

## Discussão

Por se tratar de um trabalho inicial que relaciona o metabolismo do triptofano ao fotoperíodo que o animal é exposto, optamos por fazer o uso de câmaras bioclimáticas, pois, além de possibilitar o controle das horas de luz que os animais seriam expostos, pudemos também controlar fatores ambientais como temperatura, umidade, ventilação, que poderiam ter mascarado os efeitos nas variáveis estudadas, de tal forma que, os resultados do presente experimento servem de embasamento para futuros estudos em condições reais de criação de suínos.

O ambiente proporcionado para os animais, com controle de temperatura e disponibilidade de cama, provavelmente proporcionou menor estresse comparado aos leitões criados em granjas comerciais. Segundo Maia et al. (2013), a forma de enriquecimento ambiental preferida pelos suínos são os substratos utilizados como cama, que além de induzirem o comportamento investigativo típico da espécie, reduzem comportamentos indesejáveis, problemas locomotores e melhoram o conforto térmico e físico dos leitões.

Em situações de menores desafios ambientais e nutricionais, como ocorreu no presente experimento, onde os leitões foram mantidos em instalações com temperatura controlada, baixa taxa de lotação, em baias com cama e que foram previamente submetidas a limpeza, desinfecção e vazios sanitários, e alimentação com dietas complexas contendo agentes antimicrobianos como óxido de zinco e sulfato de cobre, as respostas dos tratamentos favoráveis no desempenho dos leitões são mais difíceis de serem evidenciadas.

A suplementação de triptofano na dieta não alterou o GDP, CDR e CA nos períodos estudados, porém a exposição dos animais ao período diário de 12 horas de luz proporcionou melhora na CA de 7% nos primeiros 14 dias do período experimental, em relação aos animais expostos ao regime de 23 horas de luz diária. Vale salientar que dados da EMBRAPA (2013) apontam que o custo de energia elétrica da unidade produtora de leitões desmamados representou, no ano de 2013, cerca de 1,59 a 1,66% do custo total na fase de produção e que devido a atual situação econômica do país, nos deparamos com custos cada vez mais altos cobrados de energia elétrica.

A ausência de respostas no CDR, GDP e CA dos animais que receberam dietas com níveis altos de triptofano (5,2 a 4,8 g/kg, nas fases pré-inicial I e pré-inicial II respectivamente) pode estar relacionada ao efeito platô da ação do triptofano sobre o consumo alimentar e deposição proteica, visto que os níveis ótimos para o desempenho foram estimados por Jasman et al. (2010) e por Oliveira Júnior (2012), em 2,3 e 2,8 g de triptofano digestível/kg de ração respectivamente, que são, valores próximos ao proposto por Rostagno et al. (2011) de 2,6 e 2,4 g de triptofano digestível/kg de ração nas dietas pré-inicial I e pré-inicial II. Deste modo, o menor nível de triptofano utilizado no presente estudo seria suficiente para atender as exigências para o desempenho ótimo nessas condições. Contudo, vale ressaltar que há um custo energético para que o excesso de triptofano seja catabolizado e excretado (Corzo, 2012), sendo assim, a escolha do nível de triptofano pode interferir no desempenho dos animais e estes resultados devem ser interpretados com inferências.

A melhora verificada na CA nos 14 primeiros dias que ocorreu principalmente devido ao aumento de 32 g no GDP de animais expostos ao menor fotoperíodo e pode estar relacionado a maior produção de melatonina. Segundo Maganhin et al. (2008), os períodos de escuridão ativam a secreção de melatonina pela glândula pineal e, por consequência, há a ação sobre outros processos fisiológicos.

Em humanos, a refeição no período noturno, quando há maior nível de melatonina, provoca respostas superiores da insulina, glicose e triacilglicerol em relação a refeição feita durante o dia, predispondo indivíduos com hábitos noturnos a obesidade (Ribeiro et al., 1998). A melatonina tem sido identificada não só na glândula pineal, mas também em grande número de tecidos extrapineais, como pâncreas onde pode ser responsável pela modulação da secreção de seus produtos (Kvetnoy, 1999). Além disso, a melatonina desempenha papel indireto em mecanismos subjacentes a regulação da glicose por intermédio de suas ações no sistema nervoso central e na regulação do sono (Van Cauter, 1998). Para Ha et al. (2006), a melatonina estimula o transporte de glicose para células do músculo esquelético, o que implica, sob aspecto molecular, suposto papel na homeostase da glicose e melhor eficiência do metabolismo. A melatonina é responsável pelo equilíbrio adequado de energia, principalmente por meio do controle da deposição e

utilização da energia nos depósitos e regulando diretamente o gasto energético e peso corporal por meio da ativação e transformação do tecido adiposo marrom. Também há relação entre o perfil diurno de melatonina plasmática e o metabolismo energético, a partir da sincronização de períodos de atividade/alimentação e descanso/jejum que proporcionam a adequada ingestão, armazenamento e gasto de energia (Cipolla-Neto et al., 2014).

Inerentemente, o fornecimento de apenas 1h de escuro para alguns animais pode ter resultado em menor produção da melatonina, o que tem sido associado a resistência à insulina, intolerância à glicose, distúrbios do sono e desorganização do metabolismo circadiano caracterizando estado de doenças metabólicas (Peschke, 2008; Cipolla-Neto et al., 2014), o que pode ter limitado uma resposta positiva no desempenho advinda da suplementação do triptofano. Além disso, nestes animais a ação benéfica da melatonina na proteção contra as espécies reativas de oxigênio pode ter sido reduzida, predispondo a maior estresse oxidativo nas células comparado aos animais que receberam 12h de escuro. No entanto, não se sabe o quanto de melatonina foi produzida nestes animais, pois esta avaliação não foi feita. Contudo, para comprovar tal suposição, sugere-se tais análises complementares sejam feitas em estudos futuros.

Durante o estresse oxidativo há grande mobilização de vitamina C em busca de amenizar as espécies reativas de oxigênio (Cruzat et al., 2007) causando uma baixa disponibilidade desta vitamina para suas outras vias de atuação como a conversão do colesterol em sais biliares, responsáveis pelo processo de digestão e absorção dos lipídeos (Moore, 2013) e como coenzima na biossíntese de carnitina, que transporta os ácidos graxos do citoplasma para a matriz mitocondrial para serem oxidados e gerar substrato energético (Marzocco e Torres, 2007). Além disso, a reação de hidroxilação de triptofano a 5- hidroxitriptofano (precursor da serotonina) pela enzima triptofano hidroxilase, é vitamina C dependente (Gropper e Smith, 2008) e determina a associação entre estes nutrientes, por tanto, quando não há vitamina C disponível, devido à alta mobilização pelo estresse oxidativo, a via serotoninérgica é prejudicada. Por tanto, seria interessante fazer o uso de algum tipo de antioxidante ou de suplementação de vitamina C juntamente com a suplementação de triptofano.

Outra hipótese para a resposta encontrada nos primeiros 14 dias, pode ser devido à maior demanda de energia de manutenção dos animais que ficaram maior tempo expostos a luz, mais ativos e que tiveram menor período de escuro para a produção de melatonina que é conhecida por ter ação supressora sobre a atividade tireoideana e de seus hormônios estimuladores do metabolismo (Baltaci et al., 2004).

Contraditoriamente, Bruininx et al. (2002) encontraram que o programa 23L:1E determinou consumo de ração 38,4% maior, quando comparado ao programa de iluminação de 8L:16E na segunda semana pós-desmame. A diferença encontrada entre os resultados do presente estudo e experimentos anteriores ocorreu, provavelmente, pelos períodos de iluminação estudados. Supõe-se que resultados de maior amplitude são encontrados quando é feito a comparação entre períodos de iluminação extremos. Na presente pesquisa o menor programa de iluminação (12L:12E) foi estudado pelo fato de ser o fotoperíodo mínimo mais próximo daquele verificado naturalmente na maioria dos meses do ano no Brasil, enquanto que, o maior programa de iluminação (23L:1E) baseia-se na prática comum de granjas comerciais que fornecem iluminação constante nos primeiros dias de creche como fonte de calor para promover o conforto térmico dos leitões.

Os valores médios de glicose sanguínea encontrados no presente estudo (~89,67 mg/dL) estão de acordo com os valores de referência sugeridos por Blood et al. (1991). A ausência de resultados verificada na glicose sanguínea dos leitões no final do experimento (dia 28) pode estar relacionada a uma rápida resposta adaptativa ao ambiente. A elevação do nível sanguíneo de glicose é uma resposta secundária ao estresse que visa manter a quantidade de energia necessária para manutenção das atividades metabólicas normais, e em caso de fuga, suprir a maior demanda dos músculos (Brinn, 2003). Em caso de estresse crônico, há diminuição gradual dos valores de glicose sanguínea com o tempo de exposição ao agente estressor (Puppe et al. 1997). Essa afirmação deve-se aos resultados encontrados no estudo desses autores, que encontraram maiores níveis de glicose sanguínea em leitões imediatamente após o desmame, porém no quarto dia após o desmame os valores se aproximaram dos níveis basais encontrados no dia anterior ao desmame.

O perfil de cortisol plasmático de suínos domésticos pode ser modificado pelo fotoperíodo (Klemcke et al., 1989; Minton et al., 1989) e sabe-se que as

concentrações de cortisol são maiores durante a fase de luz do que durante a fase de escuro (Andersson et al., 2000), isso por que a melatonina reduz o nível do cortisol por um eventual efeito inibitório sobre a resposta da supra-renal à ACTH (Campino et al., 2011). Portanto, o aumento do nível de triptofano na dieta e o consequente aumento de serotonina e melatonina pode diminuir os níveis de cortisol e a resposta ao estresse em suínos (Meunier-Salaün et al., 1991; Sève et al., 1991).

Os valores médios de cortisol plasmático encontrados no presente estudo estão próximos aos encontrados por Tuchscherer et al. (2014) que expuseram leitões aos 7, 21 e 35 dias de idade a estresse por privação social, de forma semelhante, em ambos estudos os valores do cortisol plasmático triplicaram quando comparado animais controle a animais que receberam algum tipo de estresse. Quando os leitões receberam dieta com menor nível de triptofano e foram submetidos ao fotoperíodo de 23 h luz por dia tiveram maior nível de cortisol plasmático comparado aos que receberam 12 h luz por dia (201,5 vs 73,95nMol/L), o que pode ter sido devido o efeito inibitório da melatonina produzida durante o período escuro sobre o cortisol. Entretanto, quando os leitões receberam a dieta com nível superior de triptofano, esse acréscimo foi capaz de reduzir o nível de cortisol dos animais que receberam 23 h luz por dia, ao nível próximo a aquele observado nos animais que receberam 12 h luz por dia. Esses resultados demonstram que quando o triptofano é oferecido em níveis ótimos para desempenho, seus efeitos amenizadores do estresse são ineficazes, porém, quando o animal está recebendo maiores níveis de iluminação e, conseqüentemente, sujeito a menor produção de melatonina e maior estresse, o triptofano suplementado em níveis maiores pode reduzir a resposta ao estresse.

Vale salientar também, que animais com altos níveis de cortisol tem maior nível circulante do hormônio leptina, responsável pela saciedade e por inibir a ação da grelina que é estimulada pelo triptofano (Negrão e Licinio, 2000; Zhang et al. 2007; Gibbert e Brito, 2011).

Os leitões submetidos ao programa diário de 12 h de luz apresentaram maior teor de cortisol plasmático quando receberam dieta com nível alto de triptofano, o que, provavelmente, se deve ao maior estresse gerado pela necessidade de catabolizar o excesso de triptofano. A enzima triptofano 2,3-dioxigenase (TDO) é ativada quando as concentrações de triptofano excedem a exigência para síntese de proteína

e serotonina (Murray, 2003). O fígado por meio da atividade TDO, é responsável pela degradação do triptofano em excesso e previne a acumulação tóxica deste aminoácido no plasma e tecidos. Em humanos o excesso de triptofano induz o estresse oxidativo e a peroxidação lipídica (Forrest et al., 2004).

O possível estresse oxidativo desencadeado pelo excesso de triptofano e por alguns de seus metabólitos, assim como pela ausência da melatonina causada pela privação de um período escuro apropriado, nada mais é do que um desequilíbrio entre sistemas pró-oxidante e antioxidantes tendo como um dos principais mecanismos de lesão a lipoperoxidação, ou seja, a oxidação da camada lipídica da membrana celular (Schneider e Oliveira, 2004). O estresse oxidativo pode alterar o comportamento, desempenho, fisiologia e aumentar a susceptibilidade a doenças nos animais (Shi-Bin et al., 2007), refletindo na produção da suinocultura (Andrade et al., 2010).

Os estímulos luminosos captados pelos olhos são interpretados pelo sistema nervoso que adapta o comportamento dos animais ao ambiente (Reiners et al., 2010). Apesar do grande estresse do desmame, os suínos são muito adaptáveis ao ambiente, porém o estado nutricional pode afetar a resposta aos estímulos ambientais. Alteração no nível de triptofano dietético pode induzir algumas respostas comportamentais (Meunier-Salaün et al., 1991).

O aumento do estresse pode motivar o aparecimento de comportamentos anômalos na tentativa de diminuir a frustração, medo ou monotonia imposta pelo desmame dos leitões (Hemsworth e Coleman, 1998) e no presente experimento não houve efeito dos tratamentos no consumo diário de ração, a maior frequência do comportamento “alimentar” e a menor frequência do comportamento “ócio” verificado nos leitões expostos ao regime diário de 23 h de luz alimentados com a dieta contendo menor nível de triptofano, comparado com aqueles expostos ao mesmo regime de luz, mas que receberam dieta com nível alto de triptofano, pode ser indicativo de maior estresse sofrido pelos leitões e que a maior frequência do comportamento “alimentar” nem sempre pode estar relacionada com a quantidade de ração ingerida. Furlan et al. (1986) submeteram suínos em crescimento e terminação a programas de luz natural, 18 ou 24 horas de luz por dia e observaram que, independente dos tratamentos, os animais consumiram a mesma quantidade de ração, porém a iluminação estendida aumentou o tempo gasto para o mesmo consumo.

Christison (1993) submeteu leitões a iluminação de 5 ou 100 lux durante quatro dias após o desmame e verificou maior frequência de comportamento alimentar para animais expostos a 100 lux, porém, sem que houvesse efeito no desempenho dos animais.

Os resultados encontrados para a frequência do comportamento “ócio” estão de acordo com Broom e Fraser (2010), que afirmaram que dentre todos os animais de produção, os suínos são os que gastam maior parte do tempo descansando e dormindo, podendo chegar a 19 horas por dia em animais confinados.

A menor frequência do comportamento “ócio” apresentada pelos animais que receberam 23 h luz por dia e alimentados com menor nível de triptofano na dieta demonstra que a iluminação deixa os animais mais ativos, contudo, quando os animais receberam 23 h luz por dia e foram alimentados com maior nível de triptofano na dieta esse efeito foi amenizado, possivelmente pela ação tranquilizante do triptofano e de seus metabólitos. Peeters et al. (2004) relataram que suínos em terminação que receberam suplementação de triptofano na água passaram mais tempo deitados durante o transporte para o abatedouro quando comparado aos que não receberam essa suplementação. De mesmo modo, Amaral et al. (2014) submeteram suínos em terminação a três programas diários de luz: luz natural, 16 horas de luz e 8 horas de escuro e 23 horas de luz e 1 hora de escuro durante 28 dias, encontrando resultados similares ao da presente pesquisa, com animais mais ativos, quando expostos a maiores fotoperíodos, sem que houvesse melhora no desempenho dos mesmos. Li et al. (2006) também relataram que suínos em crescimento e terminação recebendo níveis de triptofano na dieta duas ou quatro vezes maior do que o recomendado pelo NRC (1998), sendo 1,1, 2,3, ou 4,3g Trp/kg de ração, passaram mais tempo deitados, tendiam a gastar menos tempo em pé e expressaram menor frequência de comportamento alimentar, quando comparado aos que receberam a dieta controle. Koopmans et al. (2006) notaram que só após dez dias recebendo dietas suplementadas com 5g Trp/kg de ração, leitões desmamados apresentaram mudanças comportamentais, apresentando atividade física reduzida (menos tempo em pé e mais tempo deitado) quando comparado aos animais que receberam dieta basal.

Martelli et al. (2015) analisaram o comportamento, parâmetros produtivos, qualidade da carne e do presunto cru de suínos italianos pesados dos 26 aos 160kg submetidos a dois regimes de luz 8L:16E ou 16L:8E e intensidade de 40 lux e afirmaram que, quando se oferece um período escuro apropriado para o descanso dos animais (8 h), um aumento do fotoperíodo, mesmo que no nível limiar de 40 lux, pode influenciar favoravelmente os parâmetros de crescimento sem afetar negativamente o comportamento, características de carcaça ou qualidade da carne e do presunto cru. Esses autores ainda afirmaram que a prática de criação de suínos em condições de escuridão deve ser considerada sem fundamento e contrária ao bem-estar dos animais. Ao associar esses resultados aos encontrados no presente estudo, hipotetiza-se que os dois fotoperíodos analisados (23L:1E e 12L:12E) não ofereciam concomitantemente o período de escuridão necessário para o descanso dos animais e a maior duração de fotoperíodo possível.

Em função dos tratamentos usados nesta pesquisa (alto nível de triptofano e 1 hora de escuro) terem possivelmente causado estresse nos animais, sugere-se que em pesquisas futuras sejam utilizados níveis intermediários de triptofano e fotoperíodo de 16L:8E, bem como avaliar a produção de melatonina, para que os resultados sejam melhor interpretados e mais conclusivos.

## **Conclusões**

A suplementação de triptofano e o uso de programas de iluminação não interferiram no desempenho e no nível de glicose sanguínea de leitões desmamados.

O perfil de cortisol plasmático e o comportamento de leitões foram modificados pelo fotoperíodo e níveis de triptofano da dieta.

A alteração no perfil de cortisol associada a maior atividade dos leitões que receberam 23 h luz por dia indicam maior estresse nesses animais, porém, esses resultados podem ser atenuados com o uso do maior nível de triptofano na dieta.

Tanto a oferta de 23 h de luz por dia, quanto o aumento de 100% no nível de triptofano na dieta, não reduzem ou neutralizam os efeitos negativos do desmame sobre a performance de leitões desmamados, contudo, quando o fotoperíodo oferecido aos animais for de 23 h de luz, recomenda-se o uso de maiores níveis de triptofano suplementar na dieta.

## Referências

- Adeola O, Ball RO, 1992. Hypothalamic neurotransmitter concentrations and meat quality in stressed pigs offered excess dietary tryptophan and tyrosine. *J Anim Sci* 70:188-194.
- Amaral PIS, Ferreira RA, Pires AV, Fonseca LS, Gonçalves SA, Souza GHC, 2014. Performance, behaviour and physiological responses of finishing pigs under different lighting programs. *J Anim Behav Biometeorol* 2:54-59.
- Andersen IL, Andenæs H, Bøe KE, Jensen P, Bakken M, 2000. The effects of weight asymmetry and resource distribution on aggression in groups of unacquainted pigs. *Appl Anim Behav Sci* 68:107-120.
- Andersson H, Lillpers K, Rydhmer L, Forsberg M, 2000. Influence of light environment and photoperiod on plasma melatonin and cortisol profiles in young domestic boars, comparing two commercial melatonin assays. *Domest Anim Endocrinol* 19:261-274.
- Andrade ER, Melo-Sterza FA, Seneda MM., Alfieri AA, 2010. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. *Rev. Bras. Reprod. Anim*, 34:79-85.
- Baêta FC, Souza CF, 2010. *Ambiência em edificações rurais - conforto animal*, ed UFV, Viçosa/MG.
- Baltaci AK, Mogulkoc R, Kul A, Bediz CS, Ugur A, 2004. Opposite effects of zinc and melatonin on thyroid hormones in rats. *Toxicology* 195:69-75.
- Barra Filho M, Ribeiro LS, Miranda RA, 2002. Redução dos níveis de cortisol sanguíneo através da técnica de relaxamento progressivo em nadadores. *Rev Bras Med Esporte* 8,139-143.
- Blood DC, Radostits OM, Arundel JH, Gay CC, 1991. Clínica veterinária. In *Clínica veterinária*. Guanabara Koogan.

Brinn RP, 2003. Cortisol Exógeno em Matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae, Günther, 1869): Variáveis Fisiológicas na Maturação Final e Crescimento Inicial da Prole. Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Broom DM, Fraser AF, 2010. Comportamento e bem-estar de animais domésticos, ed. Manole, Barueri.

Bruininx EMAM, Van Der Peet-Schwering CM, Schrama JW, Vereijken PF, Vesseur PC, Everts H, den Hartog LA, Beynen AC, 2001. Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. *J Anim Sci* 79:301-308.

Bruininx EMAM, Heetkamp MJW, Van den Bogaart D, van der Peet-Schwering CM, Beynen AC, Everts H, den Hartog LA, Schrama JW, 2002. A prolonged photoperiod improves feed intake and energy metabolism of weanling pigs. *J Anim Sci* 80:1736-1745.

Campino C, Valenzuela FJ, Torres-Farfan C, Reynolds HE, Abarzua-Catalan L, Arteaga E, Trucco C, Guzmán S, Valenzuela GJ, Seron-Ferre M, 2011. Melatonin exerts direct inhibitory actions on ACTH responses in the human adrenal gland. *Horm Metab Res* 43:337.

Christison GI, 1993. Dim light does not reduce fighting or wounding of newly mixed pigs at weaning. *Can J Anim Sci* 76:141-143.

Cipolla-Neto J, Amaral FG, Afeche SC, Tan DX, Reiter RJ, 2014. Melatonin, energy metabolism, and obesity: a review. *J Pineal Res* 56:371-381.

Corzo, A., 2012. Determination of the arginine, tryptophan, and glycine ideal-protein ratios in high-yield broiler chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 21:79 – 87.

Cruzat, V. F., Rogero, M. M., Borges, M. C., & Tirapegui, J. (2007). Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev Bras Med Esporte*, 13(5), 336-42.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Suínos e Aves. 2013. < <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/dados/custo.php> > 22 Fev. 2014.

Forrest CM, Mackay GM, Stoy N, Egerton M, Christofides J, Stone TW, Darlington LG, 2004. Tryptophan loading induces oxidative stress. *Free Radic Res* 38:1167-1171.

Fraser AF, Broom DM, 1990. *Farm Animal Behaviour and Welfare*, ed. Ballière Tindall, Reino Unido.

Furlan AC, Oliveira AIG, de Oliveira BL, 1986. Diferentes períodos de iluminação para suínos em crescimento e terminação: experimento 1. *Rev Soc Bras Zootec* 15:372-377.

Gibbert GA, Brito MN, 2011. Relações Fisiológicas Entre o Sono e a Liberação de Hormônios Que Regulam o Apetite. *SaudPesq* 4(2).

Glatz PC, 2001. Effect of different lighting sources on behavior and growth of weanling pigs. *Asian Australas. J Anim Sci* 14:280-287.

Gropper, S. S., Smith, J. L., 2008. Water-Soluble Vitamins. In: Gropper, S.S., Smith, J.L. (Eds.), *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 6 ed. Wadsworth, Cengage Learning, Belmont, CA, 569p.

Guyton AC, Hall JE, 2006. *Tratado de Fisiologia Médica*. Elsevier, Rio de Janeiro.

Ha E, Yim SV, Chung JH, Yoon KS, Kang I, Cho YH, Baik HH, 2006. Melatonin stimulates glucose transport via insulin receptor substrate-1/phosphatidylinositol 3-kinase pathway in C2C12 murine skeletal muscle cells. *J Pineal Res* 41:67-72.

Hemsworth PH, Coleman GJ, 1998. *Human-livestock interactions, the stockperson and the productivity and welfare of intensively farmed animals*. CABI, Cambridge.

Jansman AJM, Van Diepen JTM, Melchior D, 2010. The effect of diet composition on tryptophan requirement of young piglets. *J Anim Sci* 88:1017-1027.

Klemcke HG, Nienaber JA, Hahn GL, 1989. Plasma adrenocorticotrophic hormone and cortisol in pigs: Effects of time of day on basal and stressor-altered concentrations. *Exp Biol Med* 190:42-53.

Koopmans SJ, Ruis M, Dekker R, van Diepen H, Korte M, Mroz Z, 2005. Surplus dietary tryptophan reduces plasma cortisol and noradrenaline concentrations and enhances recovery after social stress in pigs. *Physiol Behav* 85:469-478.

Koopmans SJ, Guzik AC, Van Der Meulen J, Dekker R, Kogut J, Kerr BJ, Southern LL, 2006. Effects of supplemental L-tryptophan on serotonin, cortisol, intestinal integrity, and behavior in weanling piglets. *J Anim Sci* 84:963-971.

Kvetnoy IM, 1999. Extrapeineal melatonin: location and role within diffuse neuroendocrine system. *Histochemistry J* 31:1-12.

Li YZ, Kerr BJ, Kidd MT, Gonyou HW, 2006. Use of supplementary tryptophan to modify the behavior of pigs. *J Anim Sci* 84:212-220.

Maganhin CC, Carbonel AAF, Hatty JH, Fuchs LFP, Oliveira-Junior IS, Simoes MJ, Simoes RS, Baracat EC, Soares Junior JM, 2008. Efeitos da melatonina no sistema genital feminino: breve revisão. *Rev Assoc Med Bras* 54:267-271.

Maia AP, Sarubbi J, Medeiros BBL, Moura DJ, 2013. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. *REGET* 14:2862-2877.

Mahan DC, 1991. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weaning swine. *J Anim Sci* 69:1397-1402.

Martelli, G., Nannoni, E., Grandi, M., Bonaldo, A., Zaghini, G., Vitali, M., Biagi, G., Sardi, L. 2015. Growth parameters, behavior, and meat and ham quality of heavy pigs subjected to photoperiods of different duration. *J Anim Sci* 93:758-766.

Martínez-Trejo, G., Ortega-Cerrilla, M.E., Rodarte-Covarrubias, L.F., Herrera-Haro, J.G., Figueroa-Velasco, J.L., Galindo-Maldonado, F., Sánchez-Martínez, O., Lara-Bueno, A. 2009. Aggressiveness and productive performance of piglets supplemented with tryptophan. *J Anim Vet Adv* 8:608-611.

Marzzoco, A., Torres, B. B., 2007. *Bioquímica básica*. 3ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 360p

- Meunier-Salaün MC, Monnier M, Colleaux Y, Sève B, Henry Y, 1991. Impact of dietary tryptophan and behavioral, plasma cortisol, and brain metabolites of young pigs. *J Anim Sci* 69:3689-3698.
- Minton JE, Davis DL, Stevenson JS, 1989. Contribution of the photoperiod to circadian variations in serum cortisol and melatonin in boars. *Domest Anim Endocrinol* 6:177-181.
- Moore, J., 2013. Vitamin C: a wound healing perspective. *British Journal of Community Nursing*, 18, S6 - S8.
- Murray MF, 2003. Tryptophan depletion and HIV Tryptophan depletion and HIV infection: a metabolic link to pathogenesis. *Lancet Infect Dis* 3:644-652.
- National Research Council. Nutrient Requirements of swine. 10<sup>th</sup> ed. Washington, 1998. 192 p.
- Negrão AB e Licínio J, 2000. Leptina: o diálogo entre adipócitos e neurônios. *Arq Bras Endocrinol Metab* 44:205-214.
- Ning L, Qian L, 2008. Research progress on Tryptophan requirement of piglets and growing and finishing pigs. *Amino Sci* 2:7-16.
- Oliveira Junior GM, 2012. Relação triptofano e treonina digestíveis com lisina digestível em dietas para leitões pós-desmamados criados em ambientes com e sem desafio sanitário. Tese Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Paredes SD, Barriga C, Reiter RJ, Rodríguez AB, 2009. Assessment of the potential role of tryptophan as the precursor of serotonin and melatonin for the aged sleep-wake cycle and immune function: streptopelia risoria as a model. *Int J Tryptophan Res* 2:23-36.
- Peeters E, Driessen B, Steegmans R, Henot D, Geers R, 2004. Effect of supplemental tryptophan, vitamin E, and a herbal product on responses by pigs to vibration. *J Anim Sci* 82:2410-2420.

Pereira AA, Donzele JL, Oliveira RFMD, Abreu MLT, Silva FCO, Martins MS, 2008. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético na fase dos 97 aos 125 kg. *Rev Bras Zootec* 37:1984-1989.

Peschke E, 2008. Melatonin, endocrine pancreas and diabetes. *J Pineal Res* 44: 26-40.

Puppe B, Tuchscherer M, Tuchscherer A, 1997. The effect of housing conditions and social environment immediately after weaning on the agonistic behaviour, neutrophil/lymphocyte ratio, and plasma glucose level in pigs. *Livest Prod Sci* 48:157-164.

Reiners K, Hessel EF, Sieling S, Van den Weghe HFA, 2010. Influence of photoperiod on the behavior and performance of newly weaned pigs with a focus on time spent at the feeder, feed disappearance, and growth. *J Swine Health Prod* 18:230-238.

Ribeiro DC, Hampton SM, Morgan L, Deacon S, Arendt J, 1998. Altered postprandial hormone and metabolic responses in a simulated shift work environment. *J Endocrinol* 158:305-310.

Rossi L, Tirapegui J, 2004. Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 48:227-233.

Rostagno HS, Albino LTF, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides RF, 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Schneider CD, Oliveira AR, 2004. Radicais livres de oxigênio e exercício: Mecanismo de adaptação ao treinamento físico. *Rev Bras Med Esporte*, 10:308-13.

Sève B, Meunier-Salaün MC, Monnier M, Colléaux Y, Henry Y, 1991. Impact of dietary tryptophan and behavioral type on growth performance and plasma amino acids of young pigs. *J Anim Sci* 69:3679-3688.

- Shi-bin Y, Dai-wen C, Ke-ying Z, Bing Y, 2007. Effects of oxidative stress on growth performance, nutrient digestibilities and activities of antioxidative enzymes of weanling pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 20:1600.
- Souza Júnior VR, De Abreu PG, Coldebella A, Lopes LS, Monteiro de Lima GJM, Sabino LA, 2011. Iluminação artificial no desempenho de leitões em fase de creche. *Acta Sci Anim Sci* 33:403-408.
- Tuchscherer M, Kanitz E, Puppe B, Hameister T, Tuchscherer A., 2014. Social support modulates splenocyte glucocorticoid sensitivity in piglets exposed to social deprivation stress. *Physiol Behav* 131:25-32.
- Van Cauter E, 1998. Putative roles of melatonin in glucose regulation. *Therapie* 53:467-472.
- Van Hierden YM, Koolhaas JM, Korte SM, 2004. Chronic increase of dietary L-tryptophan decreases gentle feather pecking behaviour. *Appl Anim Behav Sci* 89:71-84.
- Zhang, H., Yin, J., Li, D., Zhou, X., Li, X. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domest. Anim. Endocrinol.* 33, 47-61.

**Tabela 1.** Composição percentual e nutricional das rações pré-iniciais I e pré-iniciais II

Ingrediente (%)	Pré-Inicial I		Pré-Inicial II	
	TN	AT	TN	AT
Milho	50,00	50,00	55,23	55,23
Farelo de soja (45%)	20,00	20,00	24,00	24,00
Soro de leite seco	8,000	8,000	4,000	4,000
Açúcar	4,000	4,000	3,000	3,000
Plasma Sanguíneo	4,000	4,000	2,500	2,500
Maltodextrina	5,000	5,000	2,500	2,500
Óleo de Soja	2,385	2,385	2,700	2,700
Glúten de Milho (60%)	1,500	1,500	1,500	1,500
Calcário	0,800	0,800	0,920	0,920
Fosfato Bicálcico	1,500	1,500	1,400	1,400
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350
L-Lisina (78%)	0,670	0,670	0,540	0,540
DL-Metionina (99%)	0,260	0,260	0,190	0,190
L - Treonina (98,5%)	0,240	0,240	0,180	0,180
L - Triptofano (98%)	0,060	0,330	0,036	0,286
L-Isoleucina (98%)	0,140	0,140	0,040	0,040
L-Valina (96,5%)	0,180	0,180	0,100	0,100
Cloreto de Colina (60%)	0,040	0,040	0,040	0,040
Caulim	0,270	0,000	0,025	0,000
Óxido Zinco (72%)	0,340	0,340	0,200	0,200
Sulfato de Cobre	0,000	0,000	0,060	0,060
BHT	0,015	0,015	0,015	0,015
Premix Mineral <sup>2</sup> e Vitamínico <sup>3</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<i>Valores calculados</i>				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.394	3.410	3.374	3.388
Proteína Bruta (%)	18,950	19,180	19,250	19,470
Cálcio (%)	0,840	0,840	0,830	0,830
Fósforo Disponível (%)	0,450	0,450	0,410	0,410
Lisina Digestível (%)	1,450	1,450	1,330	1,330
Metionina Digestível (%)	0,510	0,510	0,450	0,450
Met+Cis Digestível (%)	0,810	0,810	0,750	0,750
Treonina Digestível (%)	0,910	0,910	0,840	0,840
Triptofano Digestível (%)	0,260	0,520	0,240	0,480
Sódio (%)	0,340	0,340	0,260	0,260

<sup>1</sup> TN = Nível normal de triptofano; AT = Nível alto de triptofano; <sup>2</sup>Premix mineral fornecendo por kg de ração: 100 mg Fe, 10 mg Cu, 0,3 mg de Se, 40 mg Mn, 100 mg Zn, 1 mg de Co, 1,5 mg I;

<sup>3</sup> Premix vitamínico fornecendo por kg de ração: 9000 UI vit. A, 2250 UI vit. D3, 22,5 mg vit.E, 22,5 mg vit. K3, 2,03 mg vit. B1, 6 mg vit. B2, 3 mg vit. B6, 30 µg vit. B12, 0,9 mg ácido fólico, 14,03 mg ácido pantotênico, 30 mg niacina, 0,12 mg biotina, 400 mg de colina.

**Tabela 2.** Comportamentos observados nos animais durante a fase de creche e suas definições

COMPORTAMENTO	DEFINIÇÃO
Em movimento	Animal em pé, parado ou andando; fuçando em pé o chão, paredes, grades ou cochos; agredindo ou sendo agredido por outro animal, mordendo, empurrando outro animal de forma agressiva ou em retaliação a um ataque agressivo; interagindo com o companheiro de baia com o focinho, belly-nosing, mordeduras; correndo e seguindo o companheiro de baia; investindo contra as grades da baia, apoiando as patas dianteiras na cela ou saltando em direção às bordas da baia, na tentativa de escapar.
Ócio	Animal deitado, de olhos fechados ou abertos; sentado sobre as patas traseiras;
Alimentar	Animal com a cabeça dentro do comedouro; com a boca em contato com o nipple do bebedouro.

Fonte: Adaptado de Hurnik et al. (1995), Hötzel et al. (2004, 2010), Reiners et al. (2010).

**Tabela 3.** Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o desempenho de leitões em fase de creche

Período Dias	Variável	Programa de Luz	Nível de Triptofano		<i>Média</i> <sup>1</sup>	CV <sup>2</sup> (%)	Interação PL x NT
			Normal	Alto			
0 a 14	CDR (g)	23 h	450,83	418,50	434,67	10,81	NS <sup>3</sup>
		12 h	438,33	433,00	435,67		
		<i>Média</i>	444,58	425,75			
	GDP (g)	23 h	306,83	286,00	296,42	13,44	NS
		12 h	317,00	318,00	317,50		
		<i>Média</i>	311,92	302,00			
	CA	23 h	1,47	1,46	1,47B	6,45	NS
		12 h	1,38	1,36	1,37A		
		<i>Média</i>	1,43	1,41			
0 a 24	CDR (g)	23	652,00	598,00	625,00	10,22	NS
		12	662,66	663,16	662,91		
		<i>Média</i>	657,33	630,58			
	GDP (g)	23	404,16	384,00	394,08	8,03	NS
		12	409,00	414,83	411,92		
		<i>Média</i>	406,58	399,42			
	CA	23	1,61	1,55	1,58	8,13	NS
		12	1,62	1,59	1,61		
		<i>Média</i>	1,62	1,57			

0 a 14 dias após o desmame; 0 a 24 dias após o desmame; CDR, consumo diário de ração; GDP, ganho diário de peso; CA, conversão alimentar; <sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna (P<0,02), diferem pelo Teste de F; <sup>2</sup> CV – coeficiente de variação (%); <sup>3</sup> NS – não significante (P>0,05).

**Tabela 4.** Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o nível de glicose no sangue (mg/dL) de leitões em fase de creche aos 24 dias de experimentação

Programa de luz	Nível de triptofano			CV <sup>1</sup> (%)	Interação PL x NT
	Normal	Alto	<i>Média</i> <sup>1</sup>		
23	88,17	82,17	85,17	20,52	NS <sup>2</sup>
12	104,17	84,17	94,17		
<i>Média</i>	96,17	83,17			

<sup>1</sup> CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup> NS – não significante (P>0,05).

**Tabela 5.** Interação entre programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) na dieta sobre o nível plasmático de cortisol (nmol/L) de leitões aos 8 dias de experimentação

Programa de luz	Nível de triptofano			CV <sup>3</sup> (%)	Interação PL x NT
	Normal	Alto	<i>Média</i> <sup>2</sup>		
23	201,5aA	92,6bA	147,06	28,39	P<0,0002
12	73,95bB	130,78aA	102,36		
<i>Média</i>	137,74	111,70			

<sup>1</sup> Letras minúsculas distintas na linha (P<0,03) e letras maiúsculas distintas na coluna (P<0,0001), diferem entre si, pelo teste F; <sup>2</sup> Efeito de regime de luz (P<0,007); <sup>3</sup> CV – coeficiente de variação.

**Tabela 6.** Efeitos dos programas de luz (PL) e níveis de triptofano (NT) nas médias das frequências relativas (%) dos comportamentos “em movimento”, “ócio” e “alimentar” de leitões em fase de creche nos dias 2, 9, 16 e 23 após o desmame.

Comportamento	Programa de Luz	Nível de Triptofano		<i>Média</i>	EPM <sup>1</sup>	Interação PL x NT
		Normal	Alto			
“Em movimento”	23 h	10,39	9,58	9,98	2,49	NS <sup>2</sup>
	12 h	9,83	9,80	9,81		
	<i>Média</i>	10,11	9,69			
“Ócio”	23 h	75,69bA <sup>3</sup>	78,26aA	76,97	0,50	P<0,02
	12 h	77,80aA	76,62aA	77,21		
	<i>Média</i>	76,74	77,44			
“Alimentar”	23 h	13,92aA	12,16bA	13,04	0,89	P<0,005
	12 h	12,37aB	13,58aA	12,97		
	<i>Média</i>	13,14	12,87			

<sup>1</sup> EPM – erro padrão médio; <sup>2</sup> NS – não significativa (P>0.05); <sup>3</sup> Letras minúsculas distintas na linha e letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si, pelo Teste F.

### **CAPÍTULO III**

## IMPLICAÇÕES

Diversas pesquisas foram realizadas com o uso de níveis de triptofano para leitões, com o objetivo de obter resultados não somente sobre o crescimento, mas também no apetite, bem estar, comportamento e resposta imune dos animais. Os resultados do presente estudo mostram a complexidade do metabolismo do triptofano e as diversas propriedades dos metabólitos produzidos a partir deste aminoácido dependentemente da iluminação do ambiente em que o animal está exposto. O uso do triptofano pelo organismo é dependente do estado que o animal se encontra, fatores como o estresse podem redirecionar o triptofano disponível no organismo para rotas específicas.

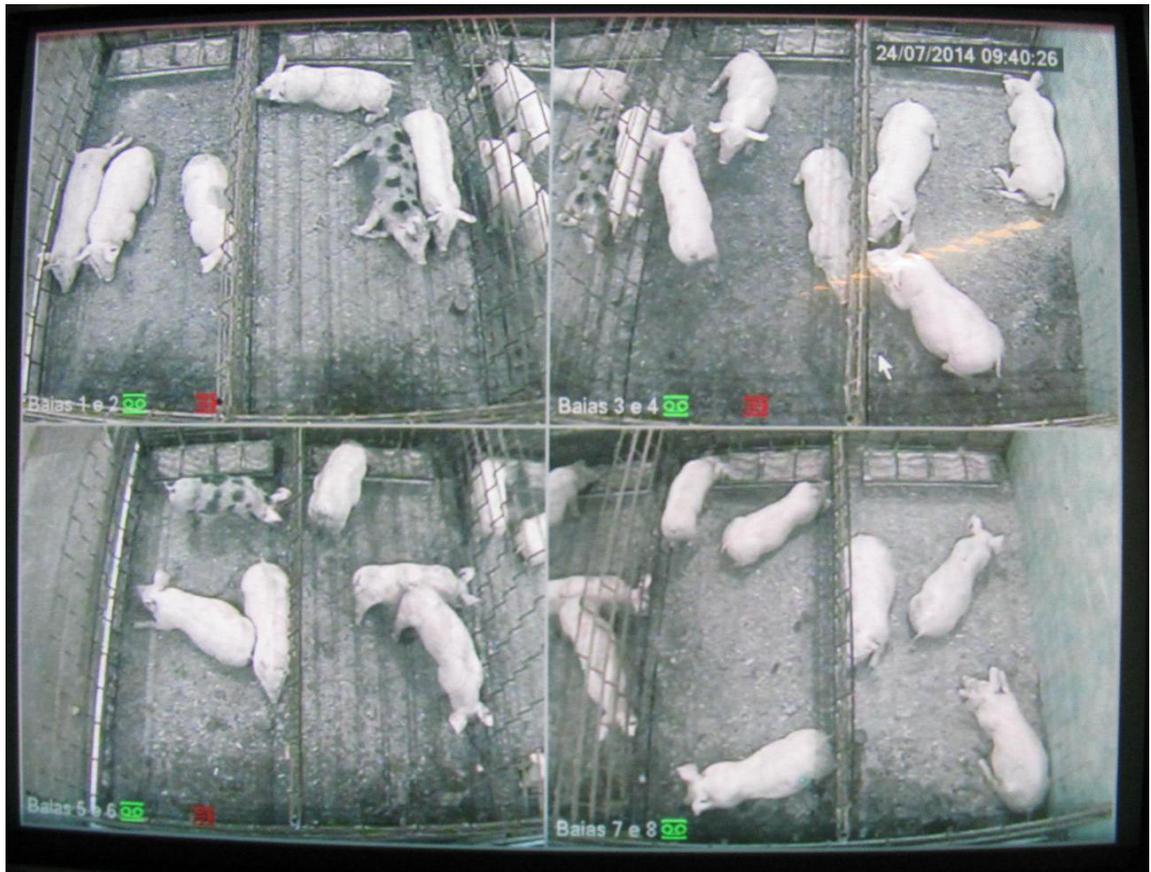
O uso de fotoperíodo prolongado para leitões alterou o nível de cortisol e não demonstrou benefícios para o desempenho dos animais, portanto, não é indicado esta prática, e quando por algum motivo for feita, o uso de níveis acima das exigências de triptofano para ótimo crescimento podem ser utilizados para sustentar um bom bem-estar dos animais.

A maioria trabalhos utilizando fotoperíodos não associa o efeito da luz com a produção de serotonina, melatonina e sua estreita relação com o triptofano, dificultando a melhor interpretação de como ocorrem as mudanças metabólicas referentes à adaptação do animal ao ambiente.

Contudo, na escolha do uso do fotoperíodo e da suplementação de triptofano na dieta, devem considerar os custos adicionais que o uso de eletricidade e de aminoácido sintético podem trazer para a produção.

Sugere-se, para futuras pesquisas, que seja feita a análise da resposta imunológica, qualidade da carne e a dosagem de metabólitos que possibilitem melhor interpretação dos resultados, tais como a melatonina, triiodotironina (T3) e produtos da oxidação (TBARS, oxidação lipídica).

**ANEXOS**



**Anexo 1.** Monitoramento das câmaras bioclimáticas.



**Anexo 2.** Leitões realizando comportamento “ócio” no dia 2.



Anexo 3. Leitões realizando comportamento “em movimento” no dia 2.



Anexo 4. Leitões realizando comportamento “alimentar” no dia 2.



**Anexo 5.** Leitões realizando comportamento “ócio” e “alimentar” no dia 23.



**Anexo 6.** Leitões realizando comportamento “ócio” e “alimentar” no período de escuridão no dia 23.

## ATESTADO

Atesto para os devidos fins, que o Projeto de Pesquisa "**Efeitos do uso de programas de iluminação associado à suplementação de triptofano para leitões desmamados**", Protocolo nº 30/2014-CEUA, do Professor Dirlei Antonio Berto, desta Faculdade, a ser conduzido por **Lívea Maria Gomes** foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) desta Faculdade.  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, em 11 de abril de 2014.

  
**Prof.ª Ass. Dr.ª. Maria Lúcia Gomes Lourenço**

Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu

**Anexo 7.** Atestado de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da FMVZ, UNESP.