



**DAIANE CECCHIN**

**AMBIENTE TERMOACÚSTICO, QUALIDADE  
DO AR E BEM-ESTAR DE SUÍNOS EM  
INSTALAÇÕES COM DIFERENTES  
TIPOLOGIAS DE BAIAS**

**LAVRAS - MG**

**2016**

**DAIANE CECCHIN**

**AMBIENTE TERMOACÚSTICO, QUALIDADE DO AR E BEM-ESTAR  
DE SUÍNOS EM INSTALAÇÕES COM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE  
BAIAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos

Orientador

Dra. Francine Aparecida Sousa

Prof. Dr. Leonardo Schiassi

Prof. Dr. Vasco Manuel Fitas da Cruz

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior

Coorientadores

**LAVRAS - MG**

**2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cecchin, Daiane.

Ambiente termoacústico, qualidade do ar e bem-estar de suínos em instalações com diferentes tipologias de baias / Daiane Cecchin. –  
Lavras : UFLA, 2016.

132 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: Alessandro Torres Campos.

Bibliografia.

1. Ambiência. 2. Conforto. 3. Instalações para suínos. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**DAIANE CECCHIN**

**AMBIENTE TERMOACÚSTICO, QUALIDADE DO AR E BEM-ESTAR  
DE SUÍNOS EM INSTALAÇÕES COM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE  
BAIAS**

**THERMOACOUSTIC ENVIRONMENT, AIR QUALITY AND  
WELFARE OF PIGS IN FACILITIES WITH DIFFERENT TYPES OF  
STALLS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 14 de junho de 2016.

Dra. Francine Aparecida Sousa	SEMAG/Aracruz – ES
Prof. Dr. Leonardo Schiassi	UFLA
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior	UFLA
Prof. Dr. Vasco Manuel Fitas da Cruz	UÉVORA

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2016**

*A Deus*

*A meus pais, Valter e Diva Cecchin, pelo amor, confiança, apoio, sempre me  
impulsionando a seguir em frente,*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo consentimento da vida, por guiar meus passos e me proteger em todos os caminhos. Pela sustentação nos momentos de angústia, dando força para superar as dificuldades encontradas durante a realização desse trabalho.

À minha família, pais Valter e Diva Cecchin, por todos os incentivos e sacrifícios que fizeram para que eu chegasse até aqui. Meus exemplos de dignidade, honestidade e amor.

Ao meu irmão Diego e à cunhada Elisiane pelo apoio, e aos sobrinhos Pedro Henrique e Davi Luiz por deixarem minha vida mais alegre.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade de realização do doutorado.

À Universidade de Évora (UE), pela oportunidade de realização do doutorado sanduíche e aos professores e funcionários pela receptividade.

À Professora Fátima pela receptividade já no primeiro contato, e que mesmo exausta de sua viagem não deixou de me atender, dando início à tramitação do doutorado sanduíche.

Ao professor Alessandro Torres Campos, pela orientação e principalmente pelo grande incentivo para eu fazer o doutorado sanduíche, que foi uma experiência única que contribuiu muito para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao professor Vasco Manuel Fitas da Cruz, pela orientação, receptividade, dedicação, confiança, incentivo e principalmente pela compreensão e amizade. Só tenho a agradecer por todo apoio que recebi, até mesmo depois que regressei ao Brasil, não me deixou desamparada. Tenho imensa admiração pelo ótimo profissional e excelente pessoa que é.

À CAPES, pela concessão de bolsas de estudos, tanto no Brasil, quanto no exterior.

À Fapemig e CNPq, pelo auxílio financeiro, que possibilitou a realização do trabalho.

Ao senhor Donizete, proprietário da Granja Niterói, pela disponibilização das instalações cedidas para a pesquisa.

Ao pessoal do COAMBI, pela grande ajuda durante a fase de coleta dos dados experimentais: Letícia, Rafaella, Michelle, Ana Cláudia, Luiza, Adriana, Jacqueline e Christiano, sem a ajuda de vocês eu não teria conseguido, muito obrigada!

A Francine Aparecida Sousa que, além de coorientadora, é uma grande amiga que tive o privilégio de ganhar logo que cheguei à Lavras, sempre esteve presente em todos os momentos.

Ao Prof. Leonardo Schiassi pela coorientação e auxílio na elaboração do *fuzzy*.

Aos amigos, mais que especiais, Jaqueline Castro, Patrícia Ferraz, Pedro Amaral e Alessandro Veloso, pela amizade e por toda ajuda que recebi assim que entrei na pós-graduação.

A Patrícia Rangel, pelo ombro amigo nos momentos difíceis, pela amizade e cumplicidade.

Aos amigos que fiz durante o doutorado sanduíche e que me ajudaram na adaptação e vivência longe de casa, em especial a Graciela, Andréia, Fernanda, Teresa, Diogo e Sandra por terem feito com que meus dias se tornassem mais leves e descontraídos.

Aos amigos e pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão.

“Conduzirei os cegos por caminhos que eles não conheceram, por veredas desconhecidas Eu os guiarei; tornarei as mais densas trevas em luz diante deles e farei retos os lugares acidentados. Eis apenas algumas das transformações que realizarei. Eu jamais os desampararei.”

Isaías 42:16

## RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram: avaliar a qualidade do ar, por meio das concentrações de gases, do ambiente térmico e da pressão sonora (ao nível do animal e do trabalhador), bem como desenvolver e testar um modelo matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever o conforto térmico a partir da temperatura superficial e frequência respiratória dos suínos em função da idade dos animais e o índice de temperatura e umidade (ITU). O conforto térmico foi avaliado por meio dos dados ambientais, cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) e entalpia (h) do ambiente. Foi avaliada também a pressão sonora média de ruídos (em dB (A)). Foram feitas medições das concentrações instantâneas de amônia (NH<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ao nível dos suínos na fase de crescimento e terminação e a 1,50 m do solo no interior de três diferentes baias, em instalações de crescimento e terminação de suínos; sendo: baia com lâmina d' água, baia com piso parcialmente vazado nas extremidades e baia com piso parcialmente vazado no centro e nas extremidades. Observou-se que a baia com lâmina d'água foi a que apresentou o maior valor médio de concentração de NH<sub>3</sub>. Embora havendo diferenças significativas entre as baias nas concentrações de CO<sub>2</sub>, os valores encontrados estão dentro dos limites permitidos pelas normas brasileiras, assim presumindo-se que as instalações não ocasionam desconforto em relação aos níveis de CO<sub>2</sub>. A baia com lâmina d'água demonstrou proporcionar um possível desconforto, com nível de concentração de NH<sub>3</sub> acima de valores que já podem acarretar problemas aos animais, de acordo com o preconizado pela literatura. Não foi observada influência do tipo de piso da baia sobre a pressão sonora em nenhum horário. Para elaboração da modelagem, foram usados os dados do ambiente térmico (ITU) e respostas fisiológicas (Temperatura Superficial (TS) e Frequência Respiratória (FR)), sendo definidas, como variáveis de entrada a idade dos animais (dias) e o índice de temperatura e umidade (ITU), por se tratarem de variáveis que influenciam diretamente na respostas fisiológicas dos animais. O modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade dos suínos e do ITU mostrou-se adequado para a predição da resposta frequência respiratória de suínos na fase de crescimento, para diferentes tipos de piso, apresentando baixo desvio-padrão e correlação considerável para essa variável com os dados medidos durante a condução do experimento de campo, podendo ser utilizado como ferramenta de controle do ambiente térmico em instalações comerciais de produção.

**Palavras-chave:** Ambiência. Bem-estar. Comportamento animal. Conforto térmico. Construções rurais. Gases. Instalações para suínos.

## ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the quality of air based on gas concentration, thermal environment, and sound pressure (at animal and worker levels), and to develop and test a computational mathematical model based on fuzzy set theory to predict thermal comfort based on surface temperature and respiratory rate of the pigs. The predictions were to be derived from the age of the animals and the temperature and humidity index (THI). Thermal comfort was evaluated by means of environmental data, calculation of the temperature and humidity index (THI), Globe Temperature and Humidity Index (BGHI) and enthalpy (h) of the environment. The evaluation was also based on the average sound pressure of noise (in dB(A)). Measurements of the instantaneous concentrations of ammonia (NH<sub>3</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) were taken at the level of the pigs and at 1.50 m above ground, inside three different stalls for growing and finishing pigs, them being: stall with water depth, stall with floor partially leaked on the ends and stall with floor partially leaked on the ends and in the center. We observed that the stall with water depth presented the highest average concentration of NH<sub>3</sub>. Despite was a significant difference in CO<sub>2</sub> concentrations, the values of CO<sub>2</sub> found are within the limits allowed by Brazilian standards, thus indicating that the facilities do not cause discomfort in relation to CO<sub>2</sub> levels. The stall with water depth allowed a level of discomfort regarding NH<sub>3</sub> concentration above the values that can cause problems to the animal, based on recommendations from literature. The type of the stall floor appeared to have no influence over the sound pressure at any time. To prepare the fuzzy, we used data of the thermal environment (THI) and physiological responses (Surface Temperature (ST) and respiratory rate (RR)), defining the age of the animals (in days) and temperature and humidity index (THI) as input variables, given that these variables directly influence the physiological responses of the animals. The fuzzy model developed based on the age of the pigs and the THI was adequate for predicting the response of respiratory rate of pigs in growth phase, considering different types of flooring. There was a low standard deviation and significant correlation of this variable with the data measured during the conduction of the field experiment. The model can be used as a tool to control the thermal environment in commercial production facilities.

**Keywords:** Ambience. Welfare. thermal comfort. Rural buildings. Gas. Facilities for pigs.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Esquema ilustrativo de um sistema *fuzzy*. ..... 38

### SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Figura 1 - Planta baixa das baias (LAM: Lâmina d'água, VEX: vazada nas extremidades e VCE: vazada no centro e extremidades). ..... 62

Figura 2 - Valores médios de ITGU para cada baia em diferentes horários. .... 71

Figura 3 - Valores médios de ITU para cada baia em diferentes horários. .... 72

Figura 4 - Valores médios de entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ) para cada baia em diferentes horários. .... 73

#### ARTIGO 2

Figura 1 - Planta baixa das baias (LAM: Lâmina d'água, VEX: vazada nas extremidades e VCE: vazada no centro e extremidades). ..... 88

Figura 2 - *Boxplot* para as concentrações dos gases  $\text{NH}_3$  (a) e  $\text{CO}_2$  (b) na altura dos animais (0,60 m do piso) ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). ..... 95

Figura 3 - *Boxplot* para os níveis dos ruídos ao nível dos animais (a) e a 1,5 m em relação ao piso (b) em galpões para suinocultura na fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). ..... 98

### **ARTIGO 3**

Figura 1 - Funções de pertinência para as variáveis de entrada Idade (A) e ITU (B). .....	115
Figura 2 - Curvas de pertinência para as variáveis de saída: frequência respiratória (A), temperatura superficial (B). .....	117
Figura 3 - Regressões lineares para as variáveis de saída: temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR). .....	123

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Tabela 1 - Variáveis ambientais médias observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). ..... 65
- Tabela 2 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). .....67
- Tabela 3 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). .....68
- Tabela 4 – Valores médios de e velocidade do ar ( $V_{ar}$ ,  $m\ s^{-1}$ ) em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). ..... 69
- Tabela 5 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). .....70

## **ARTIGO 2**

- Tabela 1 - Concentração de gases observada ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE) (ppm) .....91
- Tabela 2 - Valores médios das variáveis ambientais observadas durante o período avaliado, ao longo do dia, em galpões para suinocultura em fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). .....92
- Tabela 3 - Nível dos ruídos medidos em galpões para suinocultura na fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE). .....97

## **ARTIGO 3**

- Tabela 1 - Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada. .... 114
- Tabela 2 - Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída. .... 116
- Tabela 3 - Sistema de regras da inferência Fuzzy para as variáveis de entrada e saída consideradas. (Continua) ..... 118
- Tabela 4 - Desvios e erros padrões médios das respostas fisiológicas observadas e simuladas pelo modelo *fuzzy* ..... 121

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	15
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Bem-estar animal</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Instalações</b> .....	23
<b>2.2.1</b>	<b>Tipos de Pisos</b> .....	25
<b>2.3</b>	<b>Ambiente térmico</b> .....	26
<b>2.4</b>	<b>Qualidade do ar</b> .....	30
<b>2.4.1</b>	<b>Dióxido de carbono</b> .....	31
<b>2.4.2</b>	<b>Amônia</b> .....	32
<b>2.5</b>	<b>Pressão sonora (ruídos)</b> .....	34
<b>2.6</b>	<b>Teoria de Conjuntos <i>Fuzzy</i></b> .....	35
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	55
	<b>ARTIGO 1 - AMBIENTE TÉRMICO EM INSTALAÇÕES PARA CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS</b> .....	55
	<b>ARTIGO 2 - QUALIDADE DO AR EM INSTALAÇÕES PARA CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS</b> .....	81
	<b>ARTIGO 3 - ÍNDICE <i>FUZZY</i> PARA O CONFORTO TÉRMICO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO COM BASE NA TEMPERATURA SUPERFICIAL E FREQUENCIA RESPIRATÓRIA</b> .....	105

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

Na suinocultura, o bem-estar é uma das condições fundamentais para que os animais sejam criados de forma satisfatória. O comprometimento do bem-estar pode afetar a produção, a reprodução, o estado sanitário (saúde) e a qualidade do produto final.

A produção de suínos enfrenta vários desafios ao buscar conciliar produtividade e bem-estar animal. Um deles se refere à qualidade do ar disponível dentro e ao redor das instalações. Independente do sistema de produção utilizado há formação de diversos gases no interior das instalações, que dependendo das suas concentrações, podem ser nocivos e até mesmo letais para os animais e para quem trabalha nas instalações (ZHANG, 2002). Altas concentrações de amônia irritam o sistema respiratório do animal, podendo causar pneumonias e diminuição da taxa de crescimento nos animais (HEBER et al., 1996) redução do apetite e convulsões (STOMBAUGH; TEAGUE; ROLLER, 1969). O gás carbônico em concentração igual ou superior a 5.000 ppm causa, nos animais, aumento da frequência respiratória, com respirações mais profundas (NADER et al., 2002). Por sua vez, a NR-15 (BRASIL, 1978) define como sendo de 3.900 ppm o limite de tolerância máxima.

Outro desafio se refere às condições do ambiente térmico, pois um ambiente impróprio causa desconforto aos animais, fazendo com que os mesmos tenham alterações comportamentais e fisiológicas, diminuindo o consumo de alimentos e conseqüentemente o ganho de peso (KIEFER et al., 2010). Um ambiente inadequado é considerado fonte potencial de doenças respiratórias, acarretando prejuízo à produção (SARUBBI, 2005). Segundo Silva et al. (2007), as variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa, ventilação e radiação solar) são indicadores importantes da qualidade do ambiente para o animal.

Outro parâmetro importante no que se refere ao ambiente de criação animal é a pressão sonora. Suínos vocalizam em várias situações e sua expressão vocal é citada como padrão de reconhecimento de estado de bem-estar, frustração ou sofrimento. A vocalização pode ser utilizada para aferir as condições em que o animal está exposto (TOLON et al., 2010). Destaca-se ainda que a exposição aos ruídos em instalações de animais pode causar perda auditiva nos trabalhadores expostos a este tipo de agente (SAMPAIO; NÄÄS; NADER, 2005).

Visando quantificar a influência de variáveis do ambiente no conforto e produção de suínos, pode-se utilizar ferramentas de modelagem matemática computacional. Entre estes modelos destaca-se a modelagem matemática *fuzzy*, por ser um sistema de manipulação simples e alta precisão nos ajustes das respostas avaliadas.

A aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* vem sendo desenvolvida nas áreas de ambiência, produção e bem-estar animal. Queiroz e Naas (2005), por meio dos conjuntos *fuzzy*, estimaram as condições ideais do ambiente físico de creche para suínos, considerando dados de ambiência térmica, ambiência acústica e ambiência aérea. Tolon et al. (2010) aplicaram a teoria dos conjuntos *fuzzy* em alojamentos para suínos e identificaram que os valores encontrados para as variáveis temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, assim como ruído, estavam fora das condições ambientais de referência. Borges et al. (2010) aplicaram a lógica *fuzzy* na determinação dos níveis de ruídos como um indicativo do bem-estar de suínos em ambientes controlados.

Dado o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de gases ( $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ ), a pressão sonora (níveis dos animais e do trabalhador), e o conforto térmico de três instalações para crescimento e terminação de suínos com tipologias construtivas diferentes em relação ao piso e aos fechamentos. Tendo objetivo também de, desenvolver e testar um modelo

matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever a temperatura superficial e frequência respiratória dos suínos em função da idade dos animais e do índice de temperatura e umidade (ITU).



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico, serão abordados os temas: Bem-estar animal, instalações, qualidade do ar, ambiente acústico e teoria dos conjuntos *fuzzy*.

### 2.1 Bem-estar animal

No final do século XX, início do século XXI, houve um aumento do nível de exigências quanto à qualidade dos produtos alimentícios pelos consumidores em todo o mundo, preocupando-se mais com a higiene, com a qualidade de vida de trabalhadores e animais envolvidos no sistema de produção. As pessoas passaram a desejar comer carne oriunda de animais que fossem criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam bem-estar, definida como “qualidade ética” e que o sistema de produção seja sustentável sob condições ambientalmente corretas (WARRISS; BROWN; PAŚCIAK, 2006).

É por essa razão que a União Europeia (EU) declarou que há uma necessidade evidente de se debater a questão do bem-estar dos animais no contexto da Organização Mundial de Comércio (OMC). O tema é de interesse tanto para produtores quanto consumidores, e a OMC, na sua qualidade de principal organização comercial internacional, deve estar preparada para abordar essas questões. Atendendo à inter-relação existente entre as medidas de bem-estar dos animais e o comércio internacional de produtos agrícolas e alimentares de origem animal, a UE considera que esta questão deva ser abordada no contexto das negociações sobre agropecuária, visando ao estabelecimento de um conjunto de normas que caracterizem as exigências sobre o bem-estar na exploração de animais domésticos, caracterizando-se efetivamente as barreiras técnicas à comercialização (PANDORFI, 2005).

A preocupação com o bem-estar dos animais no Brasil não é recente. Em 1934, o presidente Getúlio Vargas aprovou a Lei de Proteção aos Animais,

Decreto nº 24.645, que condena os maus tratos aos animais aplicados em locais públicos ou privados, podendo a pessoa pagar multa ou ser presa, sendo esta proprietária ou não do animal. As legislações: Decreto nº. 30.691 de 1952, Instrução Normativa nº. 03/2000, Instrução Normativa nº. 56/2008, Portaria nº. 524/2011 e a Portaria 575/2012, são também direcionadas ao tema bem-estar animal no Brasil.

Uma definição de bem-estar bastante utilizada atualmente foi estabelecida pela FAWC (*Farm Animal Welfare Council*), na Inglaterra, mediante o reconhecimento das cinco liberdades inerentes aos animais: 1 - liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede); 2 - liberdade ambiental (edificações adaptadas); 3 - liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas); 4 - liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais) e 5 - liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade) (FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL, 2014).

De acordo com Broom (1986), o bem-estar de um indivíduo está relacionado com o seu estado em relação às suas tentativas de adaptar-se ao ambiente em que está inserido. Levando-se em conta a saúde física e mental do animal (considerando que os animais são seres que têm sentimentos), possibilitando a satisfação das necessidades básicas como comer, beber água, descansar e se locomover (DUNCAN, 1993; DAWKINS, 2004).

O bem-estar animal está indiscutivelmente condicionado a uma exploração bem planejada e manejada. O manejo dos animais e a forma como estes são tratados condiciona fortemente a sua produtividade, comportamento e conseqüentemente, o rendimento final das explorações pecuárias, visto ser um fator potencializador da qualidade e da quantidade de produto final. No animal, o estresse é assinalado com uma potencial ameaça à homeostasia e o sistema nervoso central é estimulado a atuar. Essa atuação reflete-se em quatro tipos de

respostas: comportamentais, associadas ao sistema nervoso autônomo, neuroendócrinas e imunitárias (CRUZ; BARBOSA, 2006).

Broom (1991) complementa que o sofrimento normalmente está relacionado com o bem-estar, mas comprometimento de bem-estar não é, necessariamente, sinônimo de sofrimento. O bem-estar pode ser medido por meio da análise de características bioquímicas, fisiológicas e comportamentais. Conforme relatam Machado Filho e Hötzel (2000), o bem-estar animal ruim não deve ser confundido com crueldade animal, pois a crueldade ao animal é consequência de ato deliberado, sádico, inútil e desnecessário sentimento de dor, sofrimento e negligência contra animais. A ética social condena a crueldade e os maus tratos contra os animais.

Para Hemsworth (2003), a presença humana pode ser um agente estressor para o animal. O medo é considerado um estado emocional indesejável, pois um animal com medo pode desenvolver estresse agudo na presença de humanos ou, em outras situações, estresse crônico.

Comportamentos anormais ou inadequados na criação de suínos são denominados estereotípias, por exemplo: mordidas de caudas ou de objetos, pressionar bebedouro sem beber água, movimento de mastigação no vácuo, vocalização, muito tempo deitado, sem movimentação, sentar-se, esfregar a cabeça (FRASER; BROOM, 1990). De acordo com Machado Filho e Hötzel (2000), alguns dos fatores causadores de estresse que podem levar o suíno a alterar seu comportamento natural para estereotípias, são: confinamento intensivo, agressão de animais dominantes, ausência de substrato, isolamento social, ausência de enriquecimento ambiental, fome, alta densidade, baixa qualidade do ar, monotonia do ambiente.

Segundo Van der Weerd et al. (2006), o animal precisa de condições que permitam expressar seus comportamentos naturais. Os autores exemplificam

que, suínos em baias de crescimento, geralmente desenvolvem o comportamento de mordida de cauda por falta de enriquecimento ambiental.

Segundo Warriss et al. (1998), há um aumento na mortalidade de suínos durante o transporte até o abatedouro em épocas mais quentes do ano, devido ao efeito somatório do manejo e o estresse térmico, podendo resultar na “síndrome do estresse dos suínos” que é uma reação fisiológica aguda a um dado estímulo, mediada pelo sistema nervoso simpático que pode acarretar na morte do animal.

A proposta da Diretiva do Conselho COM (2001) 20 – C5-0039/2001 – 2001/0021(CNS) que altera a Diretiva 91/630/CE, com base nas disposições do artigo 6º, tem os seguintes objetivos: proibir a utilização de celas individuais para as porcas e marrãs prenhes, bem como a utilização de amarras; aumentar a área livre destinada às porcas e marrãs; permitir que as porcas e marrãs tenham acesso a materiais para fuçar; elevar o nível de formação e a competência dos suinocultores e do pessoal responsável pelos animais em relação às questões relacionadas com a proteção; solicitar novos pareceres científicos sobre certas questões do domínio da suinocultura.

Pesquisadores têm unido esforços no sentido de avaliar e caracterizar as reações dos animais frente à exposição a diferentes ambientes de criação e instalações. Avaliando o comportamento, as respostas fisiológicas e o desempenho de suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos (conforto térmico a 21 °C e estresse por calor a 32 °C), Kiefer et al. (2010) constataram que suínos mantidos sob estresse por calor permaneceram menos tempo na posição em pé, mais tempo na posição deitado, menos tempo em alimentação, fuçando e mais tempo dormindo. O estresse por calor também provocou redução do consumo de ração, do ganho de peso e piorou a conversão alimentar dos animais.

Machado Filho (2000) complementa que o ambiente tem grande influência sobre o bem-estar dos suínos. Em seu trabalho, ele verificou que

suínos em fase de crescimento, confinados, passavam mais tempo desenvolvendo comportamentos anômalos ou agressivos e apresentavam menor frequência de comportamento alimentar e exploratório do que os criados ao ar livre.

Nesse contexto, a avaliação do bem-estar animal na exploração agropecuária pode envolver aspectos ligados às instalações, ao manejo e ao ambiente, tais como a distribuição de alimentação, possibilidade de movimentação, descanso, interação entre animais, temperatura, ventilação, luz, espaço disponível ou tipo de pavimento (ANIL; ANIL; DEEN, 2002).

## **2.2 Instalações**

As instalações para crescimento e terminação de suínos são edificações destinadas ao alojamento dos animais desde a fase que vai da saída da creche (63 a 70 dias) até a comercialização (em torno de 150 dias) (SANTOS, 2008). Estas instalações devem ser dimensionadas de forma que os animais tenham um manejo adequado, poupando-os de esforços físicos e que não fiquem submetidos às variações climáticas, potencializando, assim, o bem-estar do animal para que se atinja a produção almejada (CARVALHO, 2009).

Os projetos das instalações devem visar o maior aproveitamento dos recursos naturais e atender à legislação, respeitando as distâncias das fontes de água, dos rios, das estradas e das divisas. O local escolhido deve ser bem drenado e ventilado, elevado e com declividade que facilite o escoamento das águas pluviais e a retirada dos resíduos líquidos (INSTITUT TECHNIQUE DU PORC, 2000; OLIVEIRA, 2004).

Em países de clima quente, deve-se atentar para a orientação por ocasião da construção da edificação, buscando que seja no sentido Leste - Oeste, à trajetória do sol em relação ao eixo principal da edificação. Na fase de crescimento e terminação, devem-se manter as instalações abertas, somente

protegendo os animais dos ventos predominantes no inverno com o uso de cortinas plásticas (OLIVEIRA; SILVA, 2006).

No que se refere a dimensões de edificações para suínos, não existe uma padronização, variando as combinações, no entanto, recomenda-se que a largura não ultrapasse 12 metros, para facilitar a ventilação natural e evitar problemas com a umidade interna, e o comprimento não ultrapasse 100 metros para facilitar o manejo e deslocamento interno de resíduos e de animais (OLIVEIRA; SILVA, 2006).

De acordo com Oliveira (1993), o pé-direito das instalações a ser adotado deve ter altura de, no mínimo, 2,80 m quando na cobertura forem utilizadas telhas cerâmicas e 3 m, quando coberto com telhas de fibrocimento. Neste caso, pode-se usar a cumeeira ventilada, para facilitar a retirada do ar quente do interior das edificações.

No dimensionamento das baias, deve-se atender às recomendações para cada fase produtiva de criação, com o objetivo de se evitar o desconforto do animal e do trabalhador; redução da produtividade; aumento de custo das edificações e dificuldades de manejo dos animais (OLIVEIRA; SILVA, 2006). Quando há uma redução de área de alojamento na fase de crescimento, passando de 0,56 para 0,25 m<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup>. Os leitões reduzem o número de visitas diárias ao comedouro e alteram o tempo de ingestão de alimento por visita, influenciando negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar (HYUN; ELLIS; JOHNSON, 1998). As instalações na fase de terminação devem possuir área por animal de 0,70 m a 1,0 m<sup>2</sup>, conforme o tipo de piso que pode ser vazado, parcialmente ripado ou compactado (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA SUÍNOS E AVES, 2003).

### 2.2.1 Tipos de Pisos

O piso das baias pode ser totalmente compacto, parcialmente vazado, totalmente vazado, cama sobreposta ou lâmina d'água (DIAS et al., 2011). O piso totalmente ripado é mais indicado para regiões quentes, entretanto, é o de custo mais elevado. O piso parcialmente vazado, isto é, constituído de 30% da área do piso da baia em ripado sobre fosso, é constituído por vigotas de concreto ou outro material conveniente, como plásticos, e o restante da área do piso (70%) é compacto, em concreto. A declividade do piso da baia deve situar-se entre 3 e 5% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA SUÍNOS E AVES, 2003; SANTOS, 2008).

Oliveira e Silva (2006) destacaram que os pisos ripados ou parcialmente ripados facilitam a coleta e remoção dos dejetos, bem como a economia de tempo e mão de obra despendida no manejo dos animais confinados. Segundo o Institut Technique Du Porc (2000) o piso ripado das instalações para suínos pode ser construído em concreto, PVC, perfis de aço galvanizado, telas metálicas ou chapa metálica perfurada. Os perfis de aço são muito caros, motivo pelo qual se usa mais o concreto e os pisos em PVC. Segundo Oliveira e Silva (2006), o espaçamento entre “ripas” deve ser de 2,5 cm para suínos com mais de 11 kg de peso vivo.

De acordo com Oliveira (1993), na fase de crescimento e terminação no Brasil, normalmente utiliza-se o piso totalmente compacto ou parcialmente ripado.

Buscando a redução do custo econômico, adotou-se no Brasil na maioria das granjas suinocultoras, o piso compacto ou parcialmente ripado, sendo, um pequeno canal de manejo dos dejetos, interno na baia, com largura máxima de 1,50 m. Recomenda-se que o piso ripado seja de no mínimo 1/3 da área da baia e disposto do lado oposto ao dos comedouros, variando entre 0,80 a 1,50 m (OLIVEIRA, 2004).

A utilização de baias com lâminas d'água é uma forma alternativa de amenizar os problemas relacionados com as altas temperaturas (REIS, 1995). A água nas baias facilita a termorregulação por meio da termólise, pelos processos de condução, processos evaporativos e convecção o que também viria a beneficiar o consumo de ração e o ganho de peso. O autor considera ainda que uso de lâmina d'água nas baias pode reduzir significativamente a quantidade de gases no ar.

Entretanto, estudos conduzidos por Moreira et al. (2003) e Paiano et al. (2003) não relatam benefícios no desempenho de suínos criados em baias com lâmina d'água, provavelmente, devido ao maior desafio sanitário a que os animais em baias com lâmina d'água são submetidos. Há ainda que se considerar o aumento no consumo de água provocado pela adoção deste sistema.

### **2.3 Ambiente térmico**

A suinocultura brasileira tem como desafio proporcionar conforto ambiental aos animais, visando os benefícios produtivos (MORALES, 2010).

Ambiência é a definição de conforto baseada no contexto ambiental, quando se analisa as características de meio-ambiente em função da zona de conforto térmico da espécie, associado a características fisiológicas que atuam na regulação da temperatura interna do animal. Também, a ambiência leva em conta o bem-estar dos animais (minimização dos fatores estressantes) (BRIDI, 2006).

O conhecimento e a identificação das variáveis climáticas que influenciam diretamente no desempenho do animal na forma de estresse térmico, são as principais medidas para buscar e executar medidas atenuantes do desconforto e perda de produção (BLOEMHOF et al., 2008; NAZARENO et al., 2012; VERÍSSIMO et al., 2009). Observa-se que em situações de altas

temperaturas ambientais, o desempenho de suínos tem sido afetado consideravelmente (KIEFER et al., 2009; ROCHA et al., 2012).

Os suínos se desenvolvem melhor em condições de temperaturas termoneutras. A faixa de temperatura ambiente efetiva, na qual acontece o mínimo gasto de energia é chamada de zona termoneutra ou zona de conforto térmico. A zona termoneutra é limitada inferiormente pela temperatura crítica (TCI), na qual o animal necessita aumentar a produção de calor para manter a homeotermia, e superiormente pela temperatura crítica (TCS), na qual o animal deve dissipar calor para manter a temperatura corporal constante (SOUSA, 2004). Segundo Ferreira (2005), a zona termoneutra para suínos em terminação varia entre 12 a 22 °C. Entretanto Sampaio et al. (2004) limitam a zona de termoneutralidade entre 15 e 21 °C. Já o manual da genética de suínos (AGROCERES PIC, 2008), cita que para suínos na fase de crescimento os valores são: 18 °C a 25 °C, temperatura ideal, 15 °C, como crítica frio limite e 26 °C como o calor crítico limite.

Apesar de vários estudos terem sido realizados acerca da avaliação das condições do ambiente térmico sobre o conforto e bem-estar dos animais, a literatura apresenta diversos valores de referência diferentes (SOUSA, 2014). Segundo Perdomo et al. (1985), a temperatura de conforto térmico para a fase de crescimento deve estar entre 18 e 20 °C. E para a fase de terminação entre 12 a 21 °C. Para Kiefer et al. (2010), a temperatura ideal para suínos em terminação varia de 18 a 23 °C. De acordo com Carvalho (2009) para suínos em terminação, quando se afastam da temperatura de 21 °C há diminuição no ganho de peso, tanto para altas como baixas temperaturas. Porém, temperaturas altas são mais prejudiciais.

Estudos realizados por MacLean (1969) constataram que, em estado de estresse térmico, o sistema imunológico dos animais fica debilitado, resultando numa ineficiência à resistência às infecções.

Segundo Kiefer et al. (2010) a frequência respiratória de animais submetidos ao ambiente de estresse por calor (32 °C) aumenta 227% em comparação aos suínos alojados em ambiente de conforto térmico (21 °C). Manno et al. (2006) relatam que o aumento da frequência respiratória dos suínos criados sob temperaturas de estresse por calor pode ser considerado um ajuste fisiológico para a manutenção da termorregulação.

De acordo com Hannas (1999), a primeira resposta dos suínos quando expostos à temperatura acima do limite superior da zona de conforto térmico é o aumento da taxa respiratória, decorrente da estimulação direta do centro hipotalâmico.

De acordo com Kiefer et al. (2009), suínos sob estresse por calor apresentaram consumos de energia, proteína, lisina e ração, ganho de peso e conversão alimentar reduzidos e apresentaram menores pesos de órgãos, exceto do estômago, e frequência respiratória e temperaturas retal e de superfície aumentadas.

O ambiente térmico no interior das instalações para suínos tem importância vital para o sucesso da atividade suinícola. O ambiente pode ser avaliado pelo Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) (VIEIRA et al., 2010). Os autores Buffington et al. (1981) complementaram que o Índice de Temperatura do Globo e Umidade incorpora os efeitos combinados de temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação para avaliar o conforto e o desconforto dos animais em determinado ambiente. Esse índice é amplamente utilizado por ser considerado por vários autores como o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal, em instalações abertas como as que são utilizadas no Brasil.

Para avaliação do conforto térmico, Rossi et al. (2012) consideraram a entalpia, energia de ar úmido por unidade de massa de ar seco, como a

propriedade mais útil na quantificação de processos psicrométricos que envolvem trocas térmicas.

Segundo Cruz e Barbosa (2006), a entalpia é a quantidade energia de calor contida em mistura de ar seco com vapor d'água. Incluindo tanto calor sensível (indicado pela temperatura de bulbo seco) quanto o calor latente de vaporização (energia contida no vapor d' água). A entalpia é expressa em  $\text{kJ kg}^{-1}$  de ar seco. Albright (1990) considera a entalpia como a melhor forma de se avaliar o nível de conforto térmico, uma vez que essa quantifica a energia do ar, que é a combinação entre as condições de temperatura e umidade relativa. A entalpia é boa alternativa em termos termodinâmicos, mas em termos de termorregulação e fisiologia animal (bioclimatologia) o ITGU é melhor.

Nesse âmbito, Silva e Sevegnani (2001), ponderam que o mais importante no interior da edificação é diminuir o balanço de energia entre o animal e o meio, até um limite de otimização, sendo a carga térmica radiante (CTR) um dos principais componentes do balanço energético de um animal e, sua avaliação é fundamental no estudo da definição do meio ambiente. A CTR, apresentada por Esmay (1974), expressa a radiação total recebida de todos os espaços ou partes da vizinhança. O que pode ser aplicada em instalações abertas.

Segundo Esmay (1982), para se obter o conforto térmico dentro de uma instalação, a primeira condição é que o balanço energético seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelos animais através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido no animal.

A ventilação afeta as perdas de calor, dissipando o calor da radiação, condução e convecção. A renovação do ar permite não somente a dissipação de calor, como também a desconcentração de vapores, fumaça, poeira e gases poluentes (PANDORFI, 2005). A umidade e velocidade do ar associadas a altas temperaturas podem ter interferência na taxa de crescimento dos animais,

provocando significativas diferenças no ganho de peso dos mesmos (BROWN-BRANDL et al., 2001, HUYNH et al., 2005). O suíno apresenta dificuldade para dissipar calor em ambiente com temperatura e umidade altas, pois o excesso de umidade restringe as perdas evaporativas pela respiração e contribui para diminuir o apetite (NOBLET; BONTEMS; TRAN, 2003).

#### **2.4 Qualidade do ar**

Tem havido um crescente interesse em melhorar a qualidade do ar no interior de instalações zootécnicas (BANHAZI et al., 2011). Suinoculturas geram poluentes que são transportados pelo ar (gases e partículas em suspensão). Podendo impactar negativamente a comodidade de propriedades vizinhas (BANHAZI et al., 2009). Em níveis comumente prevalentes em suinoculturas comerciais, a má qualidade do ar pode afetar negativamente a saúde dos trabalhadores da propriedade (DONHAM, 2000; DONHAM et al., 1995) e a saúde e eficiência da produção de suínos (BANHAZI; CARGILL, 1998; LEE et al., 2005).

O ar, além de ser a fonte de oxigênio para o metabolismo animal, é também meio de dissipação do excedente de calor, do vapor d'água, de gases provenientes dos animais e decomposição de dejetos e poeira (CAMPOS, 2006). Todavia, todos esses fatores podem agir poluindo e alterando as características ideais do ar, implicando num aumento da susceptibilidade a doenças respiratórias dos animais com conseqüente prejuízo no processo produtivo (SILVA; FURLAN, 2001).

A quantificação da produção de gases nos sistemas agroindustriais tem sido hoje uma preocupação mundial, uma vez que estes podem afetar o meio ambiente, a saúde dos funcionários que trabalham nestes complexos de produção e ainda diminuir o desempenho animal causando desconforto e doenças (CAMPOS, 2006).

Conforme descreveram Amâncio et al. (2013), os gases mais presentes nas instalações para suínos são amônia ( $\text{NH}_3$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A concentração desses gases pode provocar inúmeros problemas, como enfermidades respiratórias, paralisação parcial das atividades dos cílios e outros.

As principais normas relacionadas à avaliação qualitativa e quantitativa de gás são as NR-15 (Atividades insalubres e operações - Portaria 3.214/1978, CIGR - Commission Internationale du Gene Rural e ACGIH - Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais) (SAMPAIO, NÄÄS, NADER, 2005).

A NR-15 define o limite de tolerância como sendo a concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada à natureza ou tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral (BRASIL, 1978).

#### **2.4.1 Dióxido de carbono**

O gás carbônico é um gás inodoro presente na atmosfera, sendo que em concentração igual ou superior a 5.000 ppm causa, nos animais, segundo Nader et al. (2002), aumento do ritmo respiratório e respirações mais profundas. Já a NR-15 (BRASIL, 1978) define como sendo de 3.900 ppm o limite de tolerância máxima para trabalhadores.

De acordo com Campos et al. (2009), a produção de  $\text{CO}_2$  por animais está diretamente relacionada com sua produção de calor, sendo essa função do seu peso corporal e do seu ambiente térmico. Nader et al. (2002) relataram que estudos realizados com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e monóxido de carbono (CO) evidenciam que, a partir de certos limites de concentração (3.000 ppm de  $\text{CO}_2$  e 10 ppm de CO), esses gases afetam a saúde dos suínos.

Banhazi et al. (2011) relatam que as concentrações de CO<sub>2</sub> podem ser afetadas pelo tipo de construção, estação do ano, ventilação (tamanho das aberturas de parede e altura dos respiradouros do cume) altura do teto.

Campos (2006) afirmou que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em instalações para animais pode ser associado à deficiência na renovação do ar, pois este é principalmente proveniente da respiração dos animais e de aquecedores onde ocorre combustão. Pode, também, ser liberado pela decomposição dos dejetos.

As taxas de emissão de gases variam amplamente entre diferentes instalações e dentro da mesma instalação (SOUSA, 2014). Zhang (2002) complementou que, independente do sistema adotado, há normalmente a formação de diversos gases no interior das instalações, podendo ser nocivos e até letais, dependendo de suas concentrações.

#### **2.4.2 Amônia**

A amônia (NH<sub>3</sub>) é detectada pelo homem em níveis entre 5 - 20 ppm, é um gás tóxico, resultante da decomposição microbiana de compostos nitrogenados excretados e emitida na sua forma volátil para o ar (SAMPAIO; NÄÄS; NADER, 2005).

A amônia é um dos gases poluentes mais importantes encontrados em instalações de suínos devido ao fato de, em altos níveis, ser irritante ao sistema respiratório, podendo causar pneumonias e diminuição da taxa de crescimento nos animais (HEBER; JONES; SUTTON, 1996). Nos suínos, a amônia é associada com a redução do apetite e convulsões (STOMBAUGH; TEAGUE; ROLLER, 1969).

Por exemplo, a amônia no teor acima de 10 ppm, alta concentração de poeira, ventilação inadequada e volume de ar inferior a 3,0 m<sup>3</sup> por animal, favorecem a incidência de enfermidades respiratórias (CARVALHO, 2001;

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2014).

Segundo Cordeiro (2003), a amônia tem odor distinto e é detectada pelo homem em concentração de 5 ppm e salienta que a concentração de amônia de 25 ppm é frequentemente citada como nível máximo aceitável em instalações animais. Porém na União Europeia o nível máximo aceitável é de 20 ppm (COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL, 2002).

De acordo com o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 2014), a concentração máxima de amônia no ar, a que podem ser expostos os seres humanos, é de 25 ppm ( $17 \text{ mg m}^{-3}$ ) por tempo de exposição de 8 horas, de 35 ppm ( $24 \text{ mg m}^{-3}$ ) por 15 minutos e 50 ppm ( $34 \text{ mg m}^{-3}$ ) para exposição de 5 minutos. No Brasil, a NR-15 (BRASIL, 1978) regula exposições de trabalhadores a agentes agressivos especificando que a concentração média de amônia durante a jornada de trabalho diária de oito horas deve ser no máximo de 20 ppm, não devendo exceder 30 ppm.

Entretanto, Paulo et al. (2009) e Sampaio et al. (2007) relatam que a exposição à concentração acima de 6 ppm leva à irritação nas mucosas, a 400 ppm leva à irritação nas vias aéreas superiores, podendo ser letal quando atinge 10.000 ppm. Complementam os autores que a presença do gás também pode induzir à redução do apetite, além de causar problemas respiratórios e letalidade aos trabalhadores que atuam na atividade e aos animais.

Segundo Barker et al. (2002), em suínos expostos a 50 ppm de  $\text{NH}_3$  já é possível observar redução no desempenho, além de aumentar a possibilidade de ocasionar doenças respiratórias. Na concentração de 100 ppm, pode ocorrer espirros, salivação e perda de apetite, já acima de 300 ppm, irritação no sistema respiratório e convulsões. Em estudo realizado por Jensen (2002), pôde-se observar a influência de  $\text{NH}_3$  sobre o ganho de peso dos suínos, pois, verificou-

se que a redução do gás no ambiente dos animais usando uma mistura de água e ácido sulfúrico no dejetos (pH diminuiu para 5,5) contribuiu para acréscimo de até 12% no ganho de peso dos animais.

Estudos realizados por Sampaio et al. (2007), Schmidt, Jacobson e Janni (2002) e Chang et al. (2001), indicam que a concentração de  $\text{NH}_3$  e a temperatura, em instalações foi maior à tarde, nos horários mais quentes, devido à maior atividade de fermentação de dejetos.

A Commission Internationale du Génie Rural (2002) cita a concentração máxima de 20 ppm para os animais. Hamilton, Roe e Webster (1996), também relatam que os limites máximos de concentrações de amônia para exposição em longos períodos, para suínos, devem ser menores que 20 ppm, sendo que a concentração média deve permanecer em torno de 10 ppm ou menos.

## **2.5 Pressão sonora (ruídos)**

Pesquisas que avaliaram o nível de ruído emitido pelos animais são recentes e inovadoras. Por intermédio da resposta de grupos de animais, torna-se possível avaliar a situação do ambiente onde estão inseridos (SILVA-MIRANDA et al., 2012).

Uma característica importante na avaliação do ruído ambiente ou da vocalização animal é o fato de que sua alteração ou medida pode representar uma ferramenta significativa para se avaliar as condições de bem-estar animal (SILVA et al., 2007).

O ruído ambiental nos sistemas de criação está relacionado ao som emitido principalmente pelos animais e equipamentos. A importância da avaliação do ruído é revelada pelos danos auditivos e outras patologias que se podem produzir no ser humano e os efeitos destas alterações aparecem em forma de mudanças de comportamento como nervosismo, nível de sono, nível de atenção, nível de ansiedade, nível de irritabilidade, fadiga mental, desempenho

no trabalho, dentre outros. Com relação ao animal, a vocalização pela frequência e pressão sonora mostra-se como um indicador do seu bem-estar (SAMPAIO, 2004).

Marchant, Whittaker e Broom (2001) descreveram os sons emitidos pelos animais através da frequência e amplitude sob várias condições de conforto e estresse e em seu estudo específico os grunhidos em curtos e longos e os “gritos” também em curtos e longos. Esta classificação está relacionada ao enfrentamento de determinada situação, até a presença de humanos. Consideraram que grunhidos curtos são a forma mais comum de vocalização dos suínos. O ambiente acústico é um indicativo importante de manifestação de vocalização, que pode estar relacionado de alguma forma ao bem-estar do animal (SILVEIRA, 2007).

O ruído permitido pela NR-15 tem o limite de tolerância de 85 dB e risco grave e iminente de 115dB para seres humanos. O instrumento utilizado para medir o nível de ruído é o Medidor de Nível de Pressão Sonora (Decibélímetro) que deve estar devidamente calibrado (SILVA et al., 2006).

## **2.6 Teoria de Conjuntos *Fuzzy***

A lógica *fuzzy* pode ser definida como uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, geralmente descritas em uma linguagem natural, e convertê-las a um formato numérico, de fácil manipulação pelos computadores atuais, ou seja, suporta os modos de raciocínio que são aproximados, ao invés de exatos (SILVA, 2007).

A teoria de Conjuntos *fuzzy* foi introduzida em 1965, por Lotfi Asker Zadeh, como uma teoria matemática aplicada a conceitos vagos. Desde então, a pesquisa e a aplicação dessa teoria em sistemas de informação vem tomando maiores proporções. Uma área de aplicação da teoria *fuzzy* é o chamado raciocínio aproximado, pois não é totalmente certo nem totalmente errado.

Nesses casos, os conjuntos *fuzzy*, interpretam uma variável linguística como uma variável cujos valores são palavras ou sentenças em uma linguagem natural (ZADEH, 1965).

A lógica *fuzzy* (difusa) é uma técnica que pode resolver problemas de modelagem complexa, com aspectos qualitativos e quantitativos sujeitos às variações probabilísticas relevantes, ou descritos por bases de dados diferentes e incompletos. Seu processo decisório baseia-se em elementos comparativos, como, por exemplo, o mais alto, mais frio, ou vagas, como alto, baixo, bom, ruim (KACPRZYK, 1997).

Um conjunto *fuzzy* é definido matematicamente através da atribuição de um valor, representando o grau de pertinência ao conjunto de cada indivíduo no universo. Este grau de pertinência representa a semelhança deste indivíduo ao significado que dá identidade ao conjunto (ROHENKOHL; MARTINELLI; REYS, 2006).

A utilização da lógica *fuzzy* é especialmente adequada a problemas de natureza biológica, pois, apresentam as seguintes características: o processo é definido de maneira vaga, imprecisa, incerta; há ocorrência de situações de difícil estimação ou avaliação dos parâmetros que definem o processo; o sistema é não linear e variante no tempo; há ocorrência de situações nas quais é difícil o registro do valor das variáveis e as medidas podem ser pouco confiáveis (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

Ponciano et al. (2012), em estudos com frangos de corte, consideram promissora a aplicação da teoria de conjuntos *fuzzy* para a estimativa do bem-estar animal, quando se considera várias possibilidades de associações de críticos do ambiente térmico.

A aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* vem sendo desenvolvida nas áreas de ambiência e de produção animal, por pesquisadores que comprovam a eficácia do uso dessa ferramenta em seus estudos de ambiência e de bem-estar

animal. Entre eles estão: Nääs et al. (2004) - na estimativa do cio em vacas leiteiras utilizando métodos quantitativos preditivos, Schiassi et al. (2008) - utilizando o modelo *fuzzy* para avaliar o aumento da temperatura corporal de frangos de corte, Amendola et al. (2004) - simulando condições de conforto em galpões de criação de frangos de corte a partir da composição das variáveis independentes de temperatura e umidade relativa do ar. Mollo Neto, Carvalho e Naas (2005) propuseram uma modelagem para o desenvolvimento de um sistema especialista baseado em lógica *fuzzy* para prevenção da ocorrência de laminite em gado leiteiro. Oliveira, Amendola e Naas (2005) utilizaram a teoria de conjuntos *fuzzy* para estimativa das condições de conforto térmico para avicultura de postura. Campos et al. (2013) desenvolveram um modelo *fuzzy* com o objetivo de prever a taxa de ocupação de baias em instalações *free-stall* para vacas de leite.

A motivação para esta nova abordagem veio de casos onde o conhecimento especialista de controle era disponível, seja por meio de operadores ou de projetistas, e os modelos matemáticos envolvidos eram muito custosos, ou muito complicados para serem desenvolvidos (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

Sistemas *fuzzy*, baseados na lógica *fuzzy*, são sistemas capazes de trabalhar com informações imprecisas e transformá-las em uma linguagem matemática de fácil implementação computacional (FERREIRA, 2009).

Oliveira, Amendola e Nääs (2005) e Schiassi et al. (2008) reportaram que um sistema *fuzzy* é constituído por variáveis de entrada e saída. Para cada variável, são atribuídos conjuntos *fuzzy* que as caracterizam, sendo que, para cada conjunto *fuzzy*, é criada uma função de pertinência, ou seja, o quanto um elemento pertence a um conjunto. Na teoria dos conjuntos clássicos, deve-se decidir o grau de pertinência 0 ou 1, enquanto os conjuntos *fuzzy* permitem escolher um valor real arbitrário entre 0 e 1 (MELO, 2009).

Para realização da técnica dos conjuntos *fuzzy*, as variáveis de entrada precisam sofrer uma fuzificação, ou seja, é o processo que traduz as variáveis de entrada do sistema em conjuntos *fuzzy* em seus respectivos domínios, por meio de especialistas ou de uma base de dados. As variáveis e suas classificações linguísticas são catalogadas e modeladas em conjuntos *fuzzy* (BARROS; BASSANEZI, 2006).

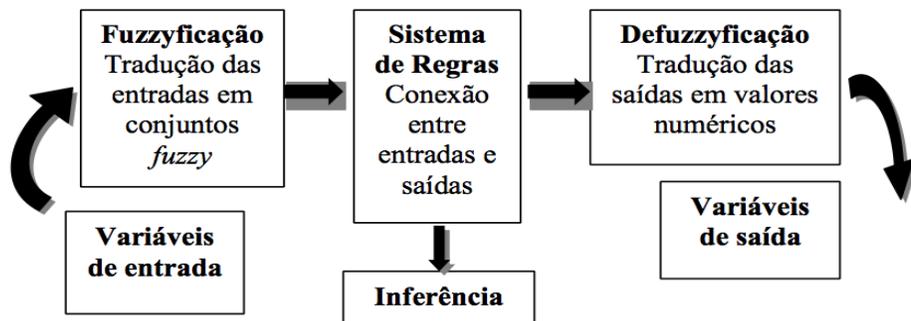
Em seguida, é realizada a inferência *fuzzy*, que consiste na realização do raciocínio *fuzzy* com base num sistema de regras que relaciona as variáveis de entrada com as de saída. O sistema de regras pode ser construído com base em bancos de dados e opiniões de especialistas. Cada regra é composta por conectivos lógicos (se, e, ou, então), como, por exemplo,

**Regra: SE  $x$  é A E  $y$  é B ENTÃO  $z$  é C**

em que, A, B e C são conjuntos *fuzzy* (OLIVEIRA; AMENDOLA; NÄÄS, 2005; SCHIASSI et al., 2008).

E, por último, ocorre a defuzificação, que é a tradução da saída num valor numérico real (MENDEL, 1995). A Figura 1 apresenta o esquema ilustrativo de um sistema *fuzzy*:

Figura 1 - Esquema ilustrativo de um sistema *fuzzy*.



Segundo Mendel (1995), para o desenvolvimento computacional de um sistema *fuzzy* pode-se utilizar um *software* capaz de realizar todos os procedimentos necessários à sua construção. Entretanto, um modelo *fuzzy* pode ser desenvolvido diretamente em uma linguagem de programação qualquer, proporcionando assim, maior portabilidade, uma vez que a partir de um arquivo executável, poder-se-á implantar o modelo em qualquer computador ou microprocessador (sistema embarcado).

O que está por trás da versatilidade de utilização desta teoria *fuzzy* é a possibilidade de se modelar e manipular matematicamente informações vagas e imprecisas, naturais da linguagem humana e, portanto, as fornecidas pelos especialistas (não matemáticos) ao caracterizar os processos estudados (AMENDOLA; SOUZA; BARROS, 2005).



### **3 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Uma grande preocupação na suinocultura é proporcionar aos animais conforto térmico e bem-estar visando os benefícios produtivos, uma vez que o ambiente térmico tem grande influência direta sobre o desempenho dos animais. Altas temperaturas causam alterações no comportamento, nas respostas fisiologias, conseqüentemente afetam negativamente a produtividade dos suínos. O ambiente térmico adequado no interior das instalações para suínos tem importância vital para o sucesso da atividade suinícola.

Os diferentes tipos de pisos (totalmente compacto, parcialmente vazado, totalmente vazado, cama sobreposta ou lâmina d'água) utilizados nas fases de crescimento e terminação podem influenciar de forma significativa no desenvolvimento do suíno, por apresentarem diferentes características estruturais e ambientais.

Nos últimos anos houve uma evolução nos sistemas de produção, nutrição, genética, sanidade, meio ambiente e mão de obra; porém ainda se faz necessária uma atenção maior ao bem-estar animal, pois o bem-estar animal, juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar vêm sendo considerados os três maiores desafios do setor suinícola.

Assim, trabalhos que venham a avaliar o conforto térmico e bem-estar proporcionado aos animais com a utilização de diferentes tipos de pisos trabalhados nas suinoculturas brasileiras são muito importantes para proporcionar ao produtor maior agilidade e rentabilidade da atividade.



## REFERÊNCIAS

- AGROCERES PIC. **Guia de manejo de fêmeas**. 2. ed. São Paulo, 2008. 31 p. Disponível em: <<http://www.agrocerespic.com.br/servlet/navSrv?cmd=detNot&id=284&idcat=17>>. Acesso em: 14 ago. 2014.
- ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453 p. (ASAE, 4).
- AMANCIO, D. et al. Avaliação da qualidade do ar e ambiente térmico em maternidade suinícola no semiárido paraibano. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 10-14, 2013.
- AMENDOLA, M. et al. Análise matemática de condições de conforto térmico para avicultura usando a teoria dos conjuntos Fuzzy. **Biomatemática**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 87-92, 2004.
- AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L.; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no matlab 6.5**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005. 46 p.
- ANIL, L.; ANIL, S. S.; DEEN, J. Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 77, n. 3, p. 173-181, June 2002.
- BANHAZI, T. M. et al. Air exchanges and indoor carbon dioxide concentration in Australian pig buildings: effect of housing and management factors. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, n. 3, p. 272-279, Nov. 2011.
- BANHAZI, T. M. et al. Controlling the concentrations of airborne pollutants in piggery buildings. In: ALAND, A.; MADEC, F. (Ed.). **Sustainable animal production: the challenges and potential developments for professional farming: volume 1**. Wageningen: Wageningen Academic Publication, 2009. p. 285-311.
- BANHAZI, T.; CARGILL, C. An assessment of the benefits of age-segregated rearing and all-in/all-out management in respiratory disease free herds. In: CARGILL, C.; MCORIST, S. (Ed.). **Proceedings of the 15th IPVS congress: volume 2**. Birmingham: University of Birmingham, 1998. 387 p.
- BARKER, J. et al. **Safety in swine productions systems**. North Carolina: Waste Quality & Waste Management, 2002. 12 p.

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2006. 354 p.

BLOEMHOF, S. et al. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 15, p. 3330-3337, Aug. 2008.

BORGES, G. et al. Fuzzy logic application on the determination of noise levels as an indicative of swine welfare in controlled environments. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Pittsburgh, v. 6, p. 5242-5250, June 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras -NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Brasília: CEDI, 1978. 5 p.

BRIDI, A. M. Instalações e ambiência na produção animal. In: CURSO SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 2., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2006. p. 1-16.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 4167-4175, Oct. 1991.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v. 142, n. 6, p. 524- 526, Nov./Dec. 1986.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n. 2/3, p. 253-260, Oct. 2001.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, A. T. et al. Prediction of free-stall occupancy rate in dairy cattle barns through fuzzy sets. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1079-1089, nov./dez. 2013.

CAMPOS, J. A. et al. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches com dimensões diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 339-347, 2009.

CAMPOS, J. A. **Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho animal em dois tipos de suinoculturas**. 2006. 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

CARVALHO, H. G. **Planejamento e análise determinística do recurso mão-de-obra em projetos de instalações para suínos**. 2009. 91 p. Dissertação (Mestrado em Construções e Ambiência) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARVALHO, L. F. O. S. Doenças respiratórias dos suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p. 237-262.

CHANG, C. W. et al. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. **Annals of Occupational Hygiene**, New York, v. 45, n. 6, p. 457-465, Aug. 2001.

COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL. **Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels**. Horsens: CIGR, 2002. 45 p.

CORDEIRO, M. B. **Avaliação de sistemas de camas sobrepostas quanto a o conforto térmico e ambiental e ao desempenho zootécnico para suínos nas fases de crescimento e terminação**. 2003. 63 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CRUZ, V. F. da; BARBOSA, J. C. Glossary and basic definitions. In: NÄAS, I. A.; MOURA, D. J. (Ed.). **Animal housing in hot climates: a multidisciplinary view**. Horsens: Recherche Centre Bygholm, 2006. p. 17-19.

CRUZ, V. F. da; PEREIRA, A.; SILVA, F. C. Monitorização de instalações tendo em vista o bem-estar animal. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA AGROPECUÁRIA, 2014, Évora. **Anais...** Évora: Universidade de Évora, 2014. 1 CD-ROM.

DAWKINS, M. S. Using behaviour to assess animal welfare. **Animal Welfare**, Washington, v. 13, supl. 1, p. 3-7, Feb. 2004.

DIAS, D. et al. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2011. 140 p.

DONHAM, K. J. et al. Respiratory dysfunction in swine production facility workers: dose-response relationships of environmental exposures and pulmonary function. **American Journal of Industrial Medicine**, New York, v. 27, n. 3, p. 405-418, Mar. 1995.

DONHAM, K. J. The concentration of swine production: effects on swine health, productivity, human health, and the environment. **Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 16, n. 3, p. 559-598, Nov. 2000.

DUNCAN, I. J. H. Welfare is to do with what animals feel. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, Dordrecht, v. 6, supl. 2, p. 8-14, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA SUÍNOS E AVES. 2003. Disponível em: <<http://w.cnpsa.embrapa.br/>>. Acesso: 15 nov. 2014.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2. ed. Westport: AVI Publishing Company, 1974. 325 p.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI Publishing Company, 1982. 325 p.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. **Five freedoms**. [S.l.]: FAWC, 2014. Disponível em: <<http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>>. Acesso em: 30 out. 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FERREIRA, L. **Aplicação de sistemas fuzzy e neuro-fuzzy para predição da temperatura retal de frangos de corte**. 2009. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare**. 3. ed. London: Baillière Tindall, 1990. 448 p.

GOMIDE, F.; GUDWIN, R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. In: INTERNATIONAL FUZZY SYSTEMS ASSOCIATION CONGRESS-TUTORIALS, 6., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IFSA, 1995. p. 1-38.

HAMILTON, T. D. C.; ROE, J. M.; WEBSTER, A. J. F. Synergistic role of gaseous ammonia in etiology of *pasteurella multocida*: induced atrophic rhinitis in swine. **Journal of Clinical Microbiology**, Washington, v. 34, n. 9, p. 2185-2190, Sept. 1996.

HANNAS, M. I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 1-33.

HEBER, A.; JONES, D.; SUTTON, A. **Indoor air quality**: controlling ammonia gas in swine buildings. Purdue: Purdue University Cooperative, 1996. 4 p.

HEMSWORTH, P. H. Human-animal interactions in livestock production. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 81, n. 3, p. 185-198, May 2003.

HUYNH, T. T. T. et al. Thermal behavior of growing pigs in response to high temperature and humidity. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 91, n.1-2, p.1-16, May 2005.

HYUN, Y.; ELLIS, M.; JOHNSON, R. W. Effects of feeder type, space allowance, and mixing on the growth performance and feed intake pattern of growing pigs. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 2771-2778, Nov. 1998.

INSTITUT TECHNIQUE DU PORC. **Memento de l'éleveur de porc**. Paris: ITP, 2000. 374 p.

JENSEN, A. O. Changing the environment in swine buildings using sulfuric acid. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 45, n. 1, p. 223-227, 2002.

KACPRZYK, J. **Multistage fuzzy control**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 338 p.

KIEFER, C. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 221, p. 55-64, mar. 2009.

KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 496-504, abr./jun. 2010.

LEE, C. et al. Performance and endocrine responses of group housed weaner pigs exposed to the air quality of a commercial environment. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 255-262, May 2005.

MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar de suínos e qualidade da carne. Uma visão brasileira. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. p. 34-40.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem estar em suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Gessuli, 2000. p. 88-105.

MACLEAN, C. W. Observations on non-infectious infertility in sows. **The Veterinary Record**, London, v. 85, n. 24, p. 675-682, Dec. 1969.

MANNO, M. C. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 471-477, mar./abr. 2006.

MARCHANT, J. N.; WHITTAKER, X.; BROOM, D. M. Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 72, n. 1, p. 23-39, Apr. 2001.

MELO, G. J. A. **Princípios de extensão de Zadeh aplicado a funções não monótonas com dois parâmetros fuzzy**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MENDEL, J. M. Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial. **Proceedings of IEEE**, Washington, v. 83, n. 3, p. 345-377, Mar. 1995.

MOLLO NETO, M.; CARVALHO, V. C. de; NAAS, I. A. Proposta para a modelagem e desenvolvimento de um sistema especialista baseado em lógica fuzzy para prevenção da ocorrência de laminite em gado leiteiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: [s.n.], 2005. p. 1-5.

MORALES, O. E. S. **Aspectos produtivos de fêmeas suínas e suas leitegadas em diferentes sistemas de ambiência na maternidade**. 2010. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MOREIRA, I. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos (33 - 84 kg) criados em baias de piso parcialmente compacto ou com lâmina d'água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 132-139, 2003.

NAAS, I. A. et al. Estimating thermal comfort and solar orientation in broiler housing using Fuzzy Logic. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA AGRÍCOLA, 6., 2004, San Jose. **Anais...** San Jose: Asociacion Costaricense de Ingenieria Agricola, 2004. p. 1-7.

NÄÄS, I. A. et al. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 1-8, jan./fev. 2010.

NADER, A. et al. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação à presença de gases e fungos) em creche de suínos. In: SEMINÁRIO POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE ANIMAIS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Feagri, 2002. p. 49-56.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/pel88/7664-41.html>>. Acesso em: 30 out. 2014.

NAZARENO, A. C. et al. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, maio/jun. 2012.

NOBLET, J.; BONTEMS, V.; TRAN, G. Estimation de la valeur energetique des aliments pour le porc. **Production Animales**, Nairobi, v. 16, n. 3, p. 197-210, 2003.

OLIVEIRA, H. L.; AMENDOLA, M.; NAAS, I. A. Estimativa das condições de conforto térmico para avicultura de postura usando a teoria dos Conjuntos Fuzzy. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 300-307, maio/ago. 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos**: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 109 p.

OLIVEIRA, P. A. V. de; SILVA, A. P. da. **As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 40 p. (Documentos, 113).

OLIVEIRA, P. A.V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa, 1993. 188 p. (Documentos, 27).

PAIANO, D. et al. Desempenho e comportamento de suínos na fase de crescimento criados em baias de piso parcialmente compacto ou com lâmina d'água, com ou sem restrição alimentar. In: CONGRESSO DA ABRAVES, 11., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Abraves, 2003. p. 399-400.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão**. 2005. 119 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 558-568, jun. 2012.

PAULO, R. et al. Avaliação da amônia emitida de camas sobrepostas e piso concretado utilizados na criação de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 210-213, mar./abr. 2009.

PERDOMO, C. C. et al. Considerações sobre edificações para suínos. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS, 4., 1985, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: Embrapa, 1985.

PONCIANO, P. F. et al. Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 446-458, maio/jun. 2012.

QUEIROZ, M. P. G.; NAAS, I. A. Estimativa de padrão de conforto ambiental para creche de suínos usando lógica fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: SBI, 2005. p. 1-8.

REIS, R. L. S. P. **Efeito da lâmina d'água no crescimento e na terminação de suínos**. 1995. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

ROCHA, J. da S. et al. Características termorreguladoras de diferentes linhagens de suínos na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 140-143, dez. 2012.

ROHENKOHL, J. E.; MARTINELLI, O.; REYS, M. A. dos. Análise econômica e ambiental de sistemas de terminação de suínos com a aplicação dos conjuntos *fuzzy*. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 24, n. 46, p. 199-218, set. 2006.

ROSSI, L. A. et al. Análise do desempenho reprodutivo e do uso de energia elétrica em instalações climatizadas de cachaços. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1121-1127, out. 2012.

SAMPAIO, C. A. D. P. et al. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 436-440, jul./ago. 2007.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, maio/jun. 2004.

SAMPAIO, C. A. P.; NÄÄS, I. A.; NADER, A. Gases e ruídos em edificações para suínos: aplicação das normas NR-15 e ACGIR. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 10-18, 2005.

SANTOS, J. H. T. **Sistemas de ventilação por pressão negativa e positiva em instalações suinícolas e efeitos no desempenho produtivo dos animais nas fases de recria e terminação**. 2008. 109 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SARUBBI, J. **Estudo do conforto térmico, desempenho animal e racionalização de energia em uma instalação de suínos na região de Boituva, SP**. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SCHIASSI, L. et al. Metodologia *fuzzy* aplicada à avaliação do aumento da temperatura corporal em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 181-191, 2008.

SCHMIDT, D. R.; JACOBSON, L. D.; JANNI, K. A. **Continuous monitoring of ammonia, hydrogen sulfide and dust emissions from swine, dairy and poultry barns**. Saint Joseph: ASAE, 2002. 14 p.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 286-297, 2005.

SILVA, I. J. O.; FURLAN, R. L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: Funep, 2001. 165 p.

SILVA, I. J. O. **Contribuições à zootecnia de precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil**. 2007. 140 p. Monografia (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, I. J. O. da; SEVEGNANI, K. B. Ambiência e instalações na avicultura de postura. In: SILVA, I. J. O. da. (Org.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**: volume 2. Jaboticabal: Funep, 2001. p. 76-149.

SILVA, K. O. et al. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 339-344, jun. 2007.

SILVA, R. B. et al. **Insalubridade do trabalhador na produção animal: uma questão de educação e informação**. [S.l.: s.n.], 2006. Disponível em: <[www.segurancaetrabalho.com.br/download/prod-animal.pdf](http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/prod-animal.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

SILVA-MIRANDA, K. O. et al. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 435-445, maio/jun. 2012.

SILVEIRA, N. A. **Influência do ambiente térmico, aéreo e acústico de uma maternidade e creche de suínos nas condições laborais do trabalhador**. 2007. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SOUSA, F. A. **Análise de fatores ambientais na criação de suínos em camas sobrepostas e produção de biogás.** 2014. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SOUSA, P. **Conforto térmico e bem estar na suinocultura.** Lavras: Editora da UFLA, 2004. 69 p.

STOMBAUGH, D. P.; TEAGUE, H. S.; ROLLER, W. L. Effects of atmospheric ammonia on the pig. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 28, n. 6, p. 844-847, June 1969.

TOLON, Y. B. et al. Ambiência térmica aérea e acústica para reprodutores suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1-13, jan./fev. 2010.

VAN DE WEERD, H. A. et al. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 99, n. 3/4, p. 230-247, Sept. 2006.

VERÍSSIMO, C. J. et al. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 159-167, fev. 2009.

VIEIRA, R. de F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 2, n. 1, p. 63-70, maio 2010.

WARRISS, P. D. et al. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. **Journal Animal Science**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 255-261, Feb. 1998.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; PAŚCIAK, P. The color of the adductor muscle as a predictor of pork quality in the loin. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 4, p. 565-569, Aug. 2006.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information and Control**, New York, v. 18, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZHANG, Q. **Odour production, evaluation and control.** Manitoba: Livestock Manure Management Initiative, 2002. 105 p.



**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - AMBIENTE TÉRMICO EM INSTALAÇÕES PARA  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES  
TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS**

**ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2003),  
ADAPTADO A NORMA DA UFLA.**

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto térmico em três instalações de crescimento e terminação de suínos com tipologias construtivas diferentes em relação ao piso e às divisórias laterais. Compararam-se três tipos de piso: baia com lâmina d'água, baia com piso parcialmente vazado nas laterais e baia com piso parcialmente vazado nas laterais e no centro das instalações. Foram feitas medições das seguintes variáveis térmicas: temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho e velocidade do ar. Com esses dados foram calculados o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) e a entalpia. A baia com lâmina d'água (LAM) apresentou valor médio de umidade relativa do ar mais elevado e temperatura de globo negro mais baixo do que as demais. O ITGU no interior das baias apresentaram valores médios no período mais quente do dia um pouco acima do que é recomendado para suínos adultos. Durante os horários mais quentes do dia não se registraram diferenças significativas entre baias para os valores médios das variáveis térmicas avaliadas. A baia LAM, durante o dia, promove um melhor ambiente para os animais em relação aos dados ambientais, sendo que a mesma apresentou umidade relativa do ar média mais alta e menor temperatura de globo negro do que as demais baias.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Construções rurais. Índices do ambiente térmico. Suínos.

## **Thermal environment in facilities for growing and finishing pigs with different building typologies**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the thermal comfort in three growing-finishing swine facilities with different building typologies from floor and side walls. Three types of floor were compared: stall with water depth, stall floor partially leaked on the sides and stall floor partially leaked on the sides and center of the facility. The following environmental data measurements were taken: dry bulb temperature, black globe temperature, relative humidity, dew point temperature, air speed. With these data, we calculated temperature and humidity index (THI), globe temperature and humidity index (BGHI), and enthalpy. The stall with water depth (LAM) showed higher average relative humidity and lower black globe temperature than the others. The BGHI inside all three stalls showed average values in the hottest period of the day of a little above what is recommended for adult pigs. During the day, the LAM stall seems to promote a better environment for the animals regarding environmental data, due to a higher relative humidity and lower black globe temperature.

**Keywords:** Thermal comfort. Rural buildings. Thermal environment index. Pigs.



## 1 INTRODUÇÃO

Entre tantos outros desafios enfrentados na produção animal, as condições referentes ao manejo e ao ambiente térmico são de extrema importância (MENEGALI et al., 2010). O ambiente térmico no interior das instalações desempenha importância vital para o sucesso da atividade suinícola (VIERA et al., 2010). Observa-se que em situações de altas temperaturas ambientais, o desempenho de suínos tem sido afetado consideravelmente (KIEFER et al., 2009; ROCHA et al., 2012).

Em sistema de criação intensivo, o ambiente influencia diretamente na condição de conforto e bem-estar dos suínos (PANDORFI et al., 2007). Um ambiente impróprio pode causar desconforto aos animais, fazendo com que os mesmos tenham alterações comportamentais e fisiológicas, diminuindo o consumo alimentar e conseqüentemente o ganho de peso (KIEFER et al., 2010). Um ambiente inadequado é considerado fonte potencial de doenças respiratórias, acarretando prejuízo à produção.

As variáveis termoambientais (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) influenciam sobre a produção animal (SILVA et al., 2013), tornando-se um fator limitante para a obtenção da máxima produtividade (LAGANÁ; NÃÃS; TOLON, 1998), situação que se agrava nas fases de crescimento e terminação, devido à baixa tolerância ao calor por parte dos suínos.

Um dos índices de conforto térmico mais utilizado é o índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvido por Thom (1958), que associa a temperatura de bulbo seco (Tbs) e a temperatura do bulbo úmido (Tbu). O outro é o índice de umidade e temperatura do globo negro (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981), que considera em um único valor os efeitos da Tbs, da umidade do ar (UR), do nível de radiação e da movimentação do ar. Buffington et al. (1981) afirmaram que o ITGU seria um indicador mais preciso do conforto

térmico e da produção animal quando comparado ao ITU em condições ambientais onde a radiação solar ou a movimentação do ar sejam altas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o conforto térmico em três instalações de crescimento e terminação de suínos com tipologias construtivas diferentes em relação ao piso e os fechamentos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Niterói) situada a 21°11'37" de latitude Sul, 45°02'49" de longitude Oeste e altitude média de 918 m, no município de Lavras/MG, no período de junho a setembro de 2014, caracterizando inverno.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O tipo de criação utilizado é o de confinamento total. Foram avaliados 216 suínos híbridos na fase de crescimento e terminação.

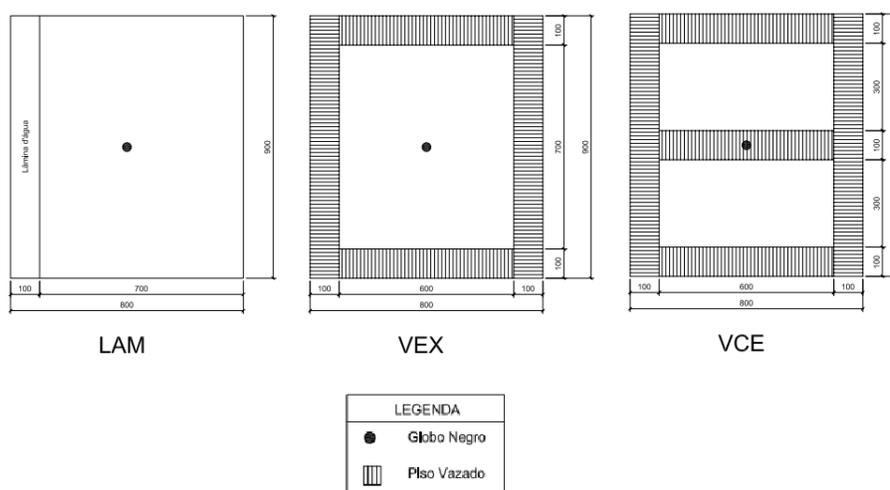
Os animais entraram nas baias com massa corporal média de 28,69 kg (baia LAM); 28,75 kg (baia VEX) e com 28,50 kg (baia VCE). Os animais permaneceram nas baias durante as fases de crescimento e terminação, no momento da saída das baias apresentaram uma massa corporal média de 83,47 kg (LAM); 85,47 kg (baia VEX) e 87,67 kg (baia VCE).

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, estruturas de sustentação em concreto armado, piso em concreto, com orientação Leste - Oeste. Cada baia possuía dois comedouros automáticos e quatro bebedouros tipo chupeta.

Foram comparadas três baias com diferenças em relação ao piso, sendo que uma baia possuía lâmina d'água (LAM), outra baia continha piso parcialmente vazado nas extremidades (VEX) e a outra com piso parcialmente vazado no centro e extremidades (VCE), como podem ser vistas na figura 1. Havia 72 animais alojados em cada baia. As baias possuem área de 72 m<sup>2</sup> (8m x 9m) e pé-direito de 3 metros. A primeira baia citada possui, em uma das suas extremidades, um rebaixo em seu piso, com 1 m de largura e 10 cm de profundidade, preenchido com água. É fechada com divisórias em alvenaria de tijolos cerâmicos, recoberta com uma camada de reboco pintada na cor branca e

o piso é de concreto. A baía VCE possui divisórias feitas com cordoalhas, o piso de concreto, sendo as laterais com placas de concreto pré-moldadas vazadas. A baía VEX possui divisórias laterais de alvenaria de tijolo com uma camada de reboco pintada na cor branca, piso de concreto, extremidades e centro com placas de concreto vazadas.

Figura 1 - Planta baixa das baias (LAM: Lâmina d'água, VEX: vazada nas extremidades e VCE: vazada no centro e extremidades).



Dados relativos ao ambiente térmico nas baias e na parte externa foram coletados automaticamente, com o uso de *dataloggers* da marca Hobo, modelo U12-013, com precisão de  $\pm 0,5$  °C. Esses equipamentos registraram a Tbs e UR em intervalos de cinco minutos. Para a obtenção das temperaturas de globo negro (Tgn), foram empregados os sensores externos dos *dataloggers*, inseridos em globos negros. A velocidade do ar (Var) foi registrada as 9h, 12h e 15 horas durante os dias de avaliação, com auxílio de um anemômetro digital de hélices, da marca ICEL Manaus<sup>®</sup>, modelo AN-3090, com precisão de  $\pm 3,0\%$  da leitura. Os instrumentos de avaliação do ambiente térmico foram posicionados na região

central (Figura 1) das baias a 1,20 m da altura do piso, conforme realizado por Sampaio et al. (2004).

Com os dados coletados de tbs, UR, var e Tgn, determinaram-se a temperatura de ponto de orvalho (Tpo), o índice de temperatura e umidade (ITU), a entalpia (h) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU).

O ITGU foi utilizado para avaliação do ambiente térmico por ser o índice de utilização mais difundido no Brasil, além de quantificar, indiretamente, os efeitos da velocidade do ar e da radiação.

O índice ITU foi calculado por meio da equação proposta por Thom (1958):

$$ITU = tbs + 0,36 tpo + 41,2$$

em que:

tbs = Temperatura de bulbo seco (°C)

tpo = Temperatura de ponto de Orvalho (°C)

O índice ITGU foi calculado por meio da equação proposta por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = tgn + 0,36 tpo - 330,08$$

em que:

tgn: temperatura de globo negro (K);

tpo: temperatura do ponto de orvalho (K).

A entalpia (h) do ambiente foi calculada de acordo com a equação proposta por Albright (1990).

$$h = 1,006 \text{ tbs} + W (2501 + 1,805 \text{ tbs})$$

em que:

h: entalpia (kJ kg de ar seco<sup>-1</sup>);

tbs: temperatura de bulbo seco (°C);

W: razão de mistura (kg vapor d'água kg ar seco<sup>-1</sup>);

$$W = \frac{(0,622 \text{ ea})}{(\text{Patm} - \text{ea})}$$

em que:

ea: pressão atual de vapor d'água (kPa);

Patm: pressão atmosférica (kPa).

Os dados relativos ao ambiente térmico foram submetidos à análise de variância empregando-se o teste “F” e as médias posteriormente comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para tal, a análise foi conduzida adotando-se um delineamento em blocos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas, no qual os tipos de piso constituíram as parcelas, os horários de avaliação as subparcelas e os dias de coleta como os blocos. Os resultados foram obtidos com o auxílio do *software* estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A UR média apresentou diferença significativa entre todas as baias ( $P < 0,05$ , teste Tukey) sendo a baia com lâmina de água com maior valor médio (68,5%) o que já era esperado devido ao microclima no interior da baia criado pela evaporação da água presente na lâmina. Essa umidade relativa mais elevada promoveu influência na temperatura de ponto de orvalho, o que pode ser observado na tabela 1. A Tpo na baia LAM apresentou a maior média, diferindo das demais (Tabela 1).

Tabela 1 - Variáveis ambientais médias observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Variáveis <sup>1</sup>	Baia		
	LAM	VEX	VCE
<b>UR (%)</b>	69,0A	64,0C	66,0B
<b>tgn (°C)</b>	19,9C	20,5B	21,2A
<b>tbs (°C)</b>	19,8B	19,9B	20,6A
<b>tpo (°C)</b>	13,3A	12,8B	12,8B
<b>ITU</b>	65,8B	65,8B	66,4A
<b>ITGU</b>	66,2B	66,7B	67,3A
<b>h</b>	46,8A	46,1B	46,8A

<sup>1</sup> Umidade relativa do ar (UR); temperatura de globo negro (tgn); temperatura de bulbo seco (tbs); temperatura de ponto de orvalho (tpo); índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); entalpia do ar (h); índice de temperatura e umidade (ITU). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Para a variável tbs, foi constatada diferença significativa, sendo que a baia VCE apresentou valor médio maior (20,6 °C) diferenciando das baias LAM

e VEX ( $P < 0,05$ , teste Tukey). Foi observado que o ITU apresentou a mesma diferença, devido à influência direta da tbs no ITU.

A entalpia (h) apresentou diferença entre as baias, as baias LAM e VCE tiveram o valor médio igual, diferindo da baia VEX que resultou em um valor de entalpia mais baixo ( $P < 0,05$ , teste Turkey).

A tgn apresentou valores médios diferentes estatisticamente ( $p < 0,05$ , teste Tukey) entre todas as baias, sendo a baia VCE com maior valor médio ( $21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), seguido para baia VEX com segundo maior valor médio ( $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). A baia LAM, apresentou o menor valor ( $19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). O ambiente úmido, promovido pela lâmina de água, pode ter auxiliado na redução da tbs, por meio de perdas evaporativas.

Neste âmbito, Moreira et al. (2003) relembram que a UR nos microclimas criados nas instalações influenciam diretamente nas condições ambientais do ar. No presente trabalho, a UR diferiu estatisticamente entre as baias nos horários das 9h; 12h e 15 horas, sendo que às 9h, a baia LAM apresentou o maior valor de UR (76,5%). A baia VEX apresentou valor maior que a baia VCE. No entanto, às 12 e 15h, a baia LAM diferiu da VCE, não diferindo da VEX, sendo que nesses horários o ar está mais quente e tem maior capacidade de suportar o vapor de água, não afetando assim o valor de umidade relativa.

Tabela 2 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Variáveis <sup>1</sup>	Baia	Horário					
		6h	9h	12h	15h	18h	21h
UR (%)	LA	84,3aA	76,5bA	55,2dA	49,5eA	67,5cA	78,5bA
	M						
	VEX	85,0aA	69,3cB	52,3dAB	47,0eAB	66,0cA	77,7bA
	VCE	86,2aA	63,2cC	49,4dB	44,3eB	64,1cA	77,3bA
tpo (°C)	LA	10,6dA	14,6aA	14,6aA	13,9abA	13,8bA	12,4cA
	M						
	VEX	10,6dA	14,3aA	13,5bB	13,0bcB	13,3bA	12,3cA
	VCE	10,5eA	14,4aA	13,9abB	12,6cdB	13,3bcA	12,3dA

<sup>1</sup> Umidade relativa do ar (UR); temperatura de ponto de orvalho (tpo). Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Ainda no que concerne à umidade relativa, sua variação em conjunto com as condições térmicas, podem ter prejudicado a perda de calor pelos suínos. Nienaber, Hahn e Yen (1987) comentam que a elevação da umidade relativa do ar de 45 para 90%, a uma temperatura ambiente de 21 °C, reduz em 8% as perdas de calor de suínos.

Segundo Muller (1989), para suínos com peso acima de 30 kg e em conforto térmico, a UR ótima fica entre 50 e 70%. Observou-se que durante o dia a UR média se situou dentro da faixa citada por Muller, exceto na LAM no horário das 9h, em que foi registrado valor ligeiramente mais elevado, possivelmente pela presença da lâmina d'água.

A influência da UR sobre as reações dos suínos é menor, quando comparada ao efeito direto provocado pela tbs. No entanto, Huynh e Aarnink

(2005) contrapõem que a UR pode imprimir influência direta sobre o desempenho do animal.

Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) para temperatura de globo (tgn) entre as baias e nos horários (Tabela 3). Entre as baias houve diferença estatística no horário das 9 e 12 horas. Em ambos os horários, a baia LAM apresentou menores valores de temperatura do globo que VCE. Possivelmente, o fato de a baia apresentar fechamento por meio de cordoalha, permitiu uma maior incidência de radiação solar, com conseqüente elevação da temperatura interna. Porém a baia VEX apresentou valores de tgn estatisticamente iguais às demais baias. A Tgn se apresentou mais elevada nos horários das 12 e 15h, em todas as baias, reflexo do aumento da tbs (Tabela 3) registrado no mesmo horário.

Tabela 3 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Variáveis <sup>1</sup>	Baia	Horário					
		6h	9h	12h	15h	18h	21h
tgn (°C)	LAM	12,6dA	20,1bB	25,4aB	26,1aA	19,4bA	15,8cA
	VEX	13,4dA	21,3bAB	25,9aAB	26,3aA	20,0bA	16,3cA
	VCE	13,8dA	22,0bA	27,0aA	27,1aA	20,6bA	16,9cA
tbs (°C)	LAM	13,2dA	18,9bC	24,6aB	25,7aA	20,1bA	16,2cA
	VEX	13,1dA	20,1bB	24,5aB	25,6aA	20,1bA	16,3cA
	VCE	12,7eA	22,0bA	28,8aA	26,4aA	20,4cA	16,3dA

<sup>1</sup> Temperatura de globo negro (tgn); temperatura de bulbo seco (tbs). Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

As temperaturas mínimas registradas em cada baia durante a fase de experimento foi de 10,27 °C; 10,16 °C; 9,71 °C e 8,04 °C para LAM, VEX, VCE

e EXT (externo) respectivamente e valor absoluto de 30,53 °C; 30,73 °C; 31,34 °C e 31,90 °C para LAM, VEX, VCE e EXT respectivamente, ambos registrados no mesmo dia no horário das 14 horas. A temperatura ambiente média observada para toda a fase de experimento foi de 18,47 °C; 18,74 °C; 19,11 °C e 17,70 °C para LAM, VEX, VCE e EXT respectivamente.

A temperatura ambiental externa às instalações variou de 8 a 31 °C durante toda a fase de coleta de dados, sendo as temperaturas mais baixas registradas no período da madrugada. Furtado et al. (2012), trabalhando com animais em fase de crescimento e terminação, observaram desconforto térmico dos animais quando a temperatura estava acima de 28 °C. Com base nas recomendações de Ferreira (2005), a temperatura ideal para a fase crescimento e terminação deve ser entre 15 e 18 °C. Quando suínos são expostos a altas temperaturas, o desempenho é afetado (KIEFER et al., 2010), principalmente pela redução da ingestão de alimentos e o gastos de energia associado com os processos de termo-regulação (MANNO et al., 2006).

Foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) na velocidade média do ar entre as baias somente no horário das 12 horas (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios de e velocidade do ar (Var,  $m s^{-1}$ ) em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Tratamentos (Baias)	Horário		
	9h	12h	15h
LAM	0,26a	0,30b	0,20a
VEX	0,40a	0,69a	0,43a
VCE	0,50a	0,87a	0,48a

Velocidade do ar (Var). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Os demais horários observados apresentaram valores sem diferenças estatísticas. Apesar de conhecido o fato de que o ITGU é afetado indiretamente para radiação e velocidade do ar, a variação significativa na ventilação neste não foi suficiente para causar diferenças nos valores de ITGU (Tabela 5).

Tabela 5 - Variáveis ambientais observadas ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

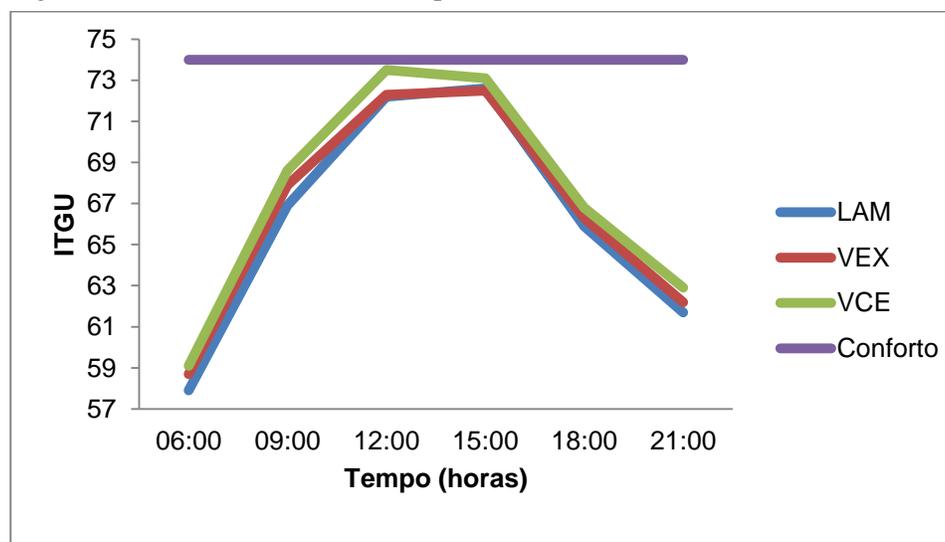
Variáveis <sup>1</sup>	Baia	Horário					
		6h	9h	12h	15h	18h	21h
ITGU	LAM	57,9dA	66,9bB	72,2aA	72,6aA	65,9bA	61,7cA
	VEX	58,7dA	67,9bAB	72,3aA	72,5aA	66,3bA	62,2cA
	VCE	59,1dA	68,6bA	73,5aA	73,1aA	66,8bA	62,9cA
h	LAM	35,7dA	48,0bB	53,9aA	53,8aA	47,8bA	41,5cA
	VEX	35,6dA	48,7bB	51,8aB	52,1aA	47,0bA	41,4cA
	VCE	35,1eA	50,8bA	53,8aA	52,3abA	47,3cA	41,5dA
ITU	LAM	58,2dA	65,3bB	71,0aA	71,9aA	66,2bA	61,9cA
	VEX	58,1dA	66,5bB	70,5aB	71,5aA	66,1bA	61,9cA
	VCE	57,7eA	68,3bA	72,0aA	72,1aA	66,4cA	62,0cA

<sup>1</sup> Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); entalpia do ar (h) em (kJ kg<sup>-1</sup>); índice de temperatura e umidade (ITU). Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Os valores de ITGU observados se mostraram elevados nos horários das 12 e 15h, em todos os tratamentos, acompanhando a elevação da temperatura ambiente e da temperatura de globo (Tabela 5; Figura 2). A mesma tendência foi observada por Sampaio et al. (2004) que, avaliando o ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos, nas condições tropicais (inverno e verão), encontraram os resultados de ITU e ITGU mais elevados entre

as 12 e 16 horas, em comparação com os demais horários avaliados para ambas as estações.

Figura 2 - Valores médios de ITGU para cada baía em diferentes horários.



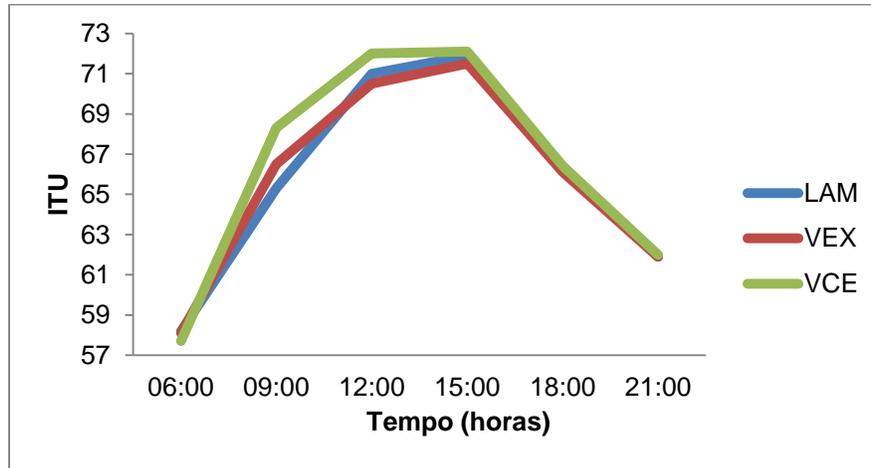
Legenda: LAM (baía com lâmina d'água), VEX (baía vazada as extremidades); VCE (baía vazada no centro e nas extremidades).

Em estudo realizado por Turco et al. (1998), observou-se que a condição de limite superior de conforto térmico do ITGU para suínos adultos foi de 72. No presente estudo, embora não havendo diferenças estatísticas entre as três instalações, entre as 12 e 15 horas as baias apresentaram valores médios pouco acima do que o recomendado.

Os valores mais elevados de ITU seguiram a mesma tendência dos valores de ITGU, sendo registrados às 15 horas (Figura 3), se situando abaixo dos valores estipulados pelas Diretrizes para Transporte de suínos em clima quente – PIC (Guidelines for Hot Weather Transport of PIC Pigs) (PIC, 2015), por exemplo, que consideram ITU abaixo de 74 normal para suínos, de 75 a 79

situação de alerta, de 80 a 85 situação de perigo e acima de 85 considera-se emergência.

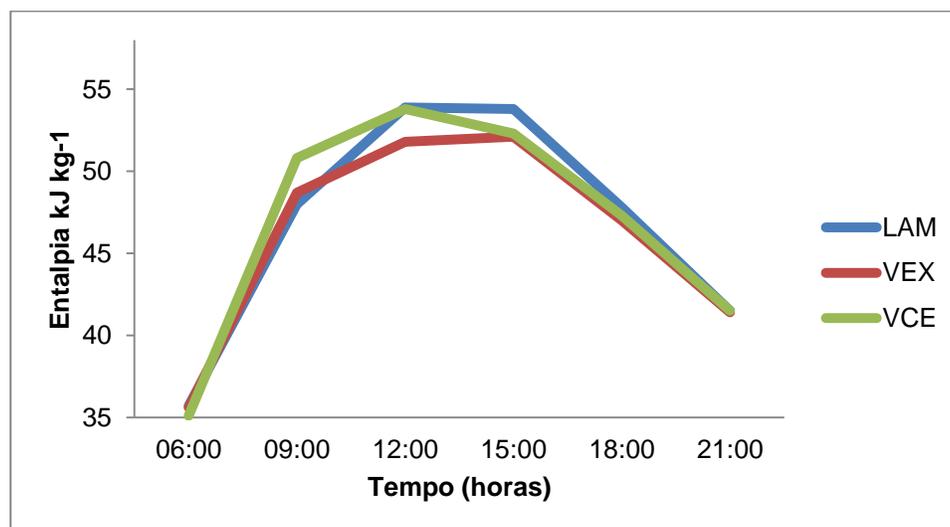
Figura 3 - Valores médios de ITU para cada baía em diferentes horários.



Legenda: LAM (baía com lâmina d'água), VEX (baía vazada as extremidades); VCE (baía vazada no centro e nas extremidades).

Para a entalpia, foram observadas diferenças estatísticas entre as baias e os horários. As baias apresentaram diferença às 9h e 12h (Tabela 5, Figura 4), sendo que a baía VCE apresentou maior valor médio de entalpia ( $50,8 \text{ kJ kg de ar seco}^{-1}$ ) no horário das 9 horas. Já às 12 horas, tanto a baía LAM quanto a VCE apresentaram valores mais altos ( $53,9$  e  $53,8 \text{ kJ kg de ar seco}^{-1}$  respectivamente). Nos demais horários, não houve diferença na entalpia entre as baias. Os valores de entalpia encontrados expressam a quantidade de energia contida em uma mistura de ar seco e vapor d'água influenciando, desta forma, as trocas térmicas entre o animal e o meio (NAZARENO et al., 2012).

Figura 4 - Valores médios de entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ) para cada baia em diferentes horários.



LAM (baia com lâmina d'água), VEX (baia vazada as extremidades); VCE (baia vazada no centro e nas extremidades).

Segundo Moura (1999), o valor de entalpia desejado, para a fase de crescimento, é de 60,44 a 68,62  $\text{kJ kg}$  de ar seco<sup>-1</sup>. Desta forma todos os tratamentos, em todos os horários avaliados, apresentaram entalpia abaixo do limite recomendado. Nazareno et al. (2012) trabalhando com matrizes em diferentes sistemas de criação (confinamento e ar livre), encontraram valores de entalpia de 49,84 e 47,87  $\text{kJ kg}^{-1}$  respectivamente. A entalpia encontrada no estudo de Nazareno et al. (2012) para o sistema de confinamento está mais próxima aos valores encontrados no presente trabalho por se tratar de confinamento também.



#### **4 CONCLUSÕES**

O ITGU no interior das baias apresentaram valores médios no período mais quente do dia um pouco acima do que é recomendado para suínos adultos.

Durante os horários mais quentes do dia, as baias apresentaram valores médidos dos parâmetros ambientais avaliados próximos.

A baia LAM, durante o dia promove um melhor ambiente para os animais em relação aos dados ambientais, sendo que a mesma apresentou umidade relativa do ar média mais alta e menor temperatura de globo negro do que as demais baias.

#### **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, pela concessão de bolsa (PSDE - processo 99999.010665/2014-05)

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro aos projetos.



## REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453p. (ASAE, 4).
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas e Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6 p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.
- FURTADO D. A. et al. Thermal performance and concentration of gases in facilities for pigs in semiarid region from state of Paraíba - Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 30-37, jan./fev. 2012.
- HUYNH, T.; AARNINK, A. Heat stress in pigs. **Pig Progress**, Doetinchen, v. 21, n. 3, p. 30-32, 2005.
- KIEFER, C. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 221, p. 55-64, mar. 2009.
- KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 496-504, abr./jun. 2010.
- LAGANÁ, C.; NÃÃS, I. A.; TOLON, Y. B. Lámina de água em corrales de gestación para suínos. **Agro-ciência**, Concepcion, v. 14, n. 1, p. 79-83, 1998.
- MANNO, M. C. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 471-477, mar./abr. 2006.

MENEGALI, I. et al. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 6, p. 461-471, 2010.

MOREIRA, I. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos (33 - 84 kg) criados em baias de piso parcialmente compacto ou com lâmina d'água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 132-139, 2003.

MOURA, D. J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149-179.

MULLER, P. B. **Biodimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1989. 158 p.

NAZARENO, A. C. et al. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, 2012.

NIENABER, J. A.; HAHN, L. G.; YEN, J. T. Thermal environment effects on growing-finishing swine. Part I-Growth, feed intake and heat production. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 30, n. 6, p. 1772-1775, 1987.

PANDORFI, H. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 83-92, jan./abr. 2007.

PIC. **Guidelines for hot weather transport of pic pigs**. [S.l.: s.n.], 2015. 2 p. Disponível em: <[http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs\(2\)\(2\)%5B3%5D.pdf](http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs(2)(2)%5B3%5D.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

ROCHA, J. da S. et al. Características termorreguladoras de diferentes linhagens de suínos na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 140-143, dez. 2012.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, maio/jun. 2004.

SILVA, E. G. et al. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.132-141 jan./mar. 2013.

THOM, E. C. Cooling degree: day air conditioning heating, and ventilating. **Transactions of the Society of Heating American**, Oxford, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

TURCO, S. H. N. et al. Avaliação térmica ambiental de diferentes sistemas de acondicionamento térmico em maternidades suíní-colas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 974-981, 1998.

VIEIRA, R. F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 2, n. 1, p. 1-8, maio 2010.



**ARTIGO 2 - QUALIDADE DO AR EM INSTALAÇÕES PARA  
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES  
TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS**

**Artigo formatado de acordo com Revista Engenharia Agrícola e Ambiental  
– Agriambi.**

## RESUMO

Suínos confinados são mantidos em baias durante a maior parte das suas vidas, essas baias devem fornecer condições adequadas de conforto para os animais. Portanto, a busca por mais informações sobre os diferentes tipos de pisos utilizados em baias se destaca por sua importância. O objetivo do trabalho foi avaliar a concentração de gases em três instalações de crescimento e terminação de suínos com tipologias construtivas diferentes, no que tange ao piso e divisórias. O experimento foi conduzido durante os meses de junho a setembro de 2014. Compararam-se três tratamentos: baia com lâmina d'água (LAM), baia com piso parcialmente vazado nas laterais (VEX) e baia com piso parcialmente vazado nas laterais e no centro (VCE). Foram feitas medições das concentrações instantâneas de amônia ( $\text{NH}_3$ , ppm) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , ppm) ao nível dos animais. Também foram registrados os níveis de pressão sonora (dB) ao nível dos animais e a 1,50 do piso. Observou-se que a baia com lâmina d'água foi a que apresentou o maior valor médio de concentração de  $\text{NH}_3$ . Embora havendo diferença significativa nas concentrações de  $\text{CO}_2$ , os valores encontrados estão dentro dos limites permitidos pelas normas brasileiras, presumindo-se assim que as instalações não ocasionam desconforto em relação aos níveis de  $\text{CO}_2$ . A baia com lâmina d'água demonstrou proporcionar um possível desconforto aos animais, com nível de concentração de  $\text{NH}_3$  acima de valores que já podem acarretar problemas aos animais, de acordo com o preconizado pela literatura. Não foi observada influência do tipo de piso da baia sobre a pressão sonora em nenhum horário.

**Palavras-chave:** Bem-estar. Construções rurais. Gases. pressão sonora. Suínos.

## **Air quality in facilities for growing and finishing pigs with different building typologies**

### **ABSTRACT**

Confined pigs are kept in stalls most of their life. These stalls must provide adequate comfort conditions for the animals. Therefore, the search for more information regarding the different types of floors used in stalls is highlighted for its importance. The objective of this study was to evaluate the concentration of gases in three facilities for growing and finishing pigs with different building typologies, concerning its floors and walls. The experiment was conducted from June to September of 2014, comparing three treatments: stall with water depth (LAM), stall with partially leaked floor on the sides (VEX) and stall with partially leaked floor at the sides and center (VCE). Measurements of the instantaneous concentrations of ammonia ( $\text{NH}_3$  ppm) and carbon dioxide ( $\text{CO}_2$  ppm) were taken at animal level. We also recorded sound pressure levels (dB) at animal level and at 1.50 from the floor. We observed that the stall with water depth presented the highest average concentration of  $\text{NH}_3$ . Despite a significant difference in  $\text{CO}_2$  concentrations, the values found are within the limits allowed by Brazilian standards, thus assuming that the facilities do not cause discomfort in relation to  $\text{CO}_2$  levels. The stall with water depth caused a possible discomfort to the animals providing  $\text{NH}_3$  concentration level above the values that cause problems to the animal, according to literature. There was no influence of stall type over sound pressure at any time.

**Keywords:** Animal Welfare. Rural buildings. Gas Concentration. Sound pressure. Pigs.

## INTRODUÇÃO

Suínos confinados são mantidos em baias durante a maior parte das suas vidas, assim, a baia deve fornecer condições adequadas de conforto para os animais. Portanto, a busca por mais informações sobre os diferentes tipos de pisos utilizados é importante (Pedersen & Ravn, 2008).

Independente do sistema de produção utilizado, há formação de diversos gases no interior das instalações, que, dependendo das concentrações, podem ser nocivos e até mesmo letais (Zhang, 2002). Conforme descreveram Amâncio et al. (2013), os gases mais presentes nas instalações para suínos são amônia ( $\text{NH}_3$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

A quantificação da produção de gases nos sistemas agroindustriais tem sido hoje uma preocupação mundial, uma vez que estes podem afetar o meio ambiente, a saúde dos funcionários que trabalham nestes complexos de produção e ainda diminuir o desempenho animal causando desconforto e doenças (Campos, 2006).

O conhecimento das condições de qualidade do ar, e a busca pelo desenvolvimento de tecnologias que permitam a redução da emissão dos gases nas instalações durante a produção animal é necessidade atual (Inoue et al., 2012).

Um ambiente impróprio pode causar desconforto aos animais, fazendo com que os mesmos tenham alterações comportamentais e fisiológicas, diminuindo o

consumo de alimento e conseqüentemente o ganho de peso (Kiefer et al., 2010). Ademais, um ambiente inadequado é considerado fonte potencial de doenças respiratórias, acarretando prejuízo à produção.

Pesquisas que avaliaram o nível de ruído emitido pelos animais são recentes e inovadoras. Por intermédio da resposta de grupos de animais, torna-se possível avaliar a situação do ambiente onde estão inseridos (Silva-Miranda et al., 2012), sendo uma ferramenta significativa para se avaliar as condições de bem-estar animal (Silva et al., 2007).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a concentração de gases e a pressão sonora em três instalações de crescimento e terminação de suínos com tipologias construtivas diferentes em relação ao piso e aos fechamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Niterói) situada a 21°11'37" de latitude Sul, 45°02'49" de longitude Oeste e altitude média de 918 m, no município de Lavras/MG, no período de junho a setembro de 2014, estação de inverno.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (Dantas; Carvalho; Ferreira, 2007).

O tipo de criação utilizado é o de confinamento total. Foi avaliado o ambiente térmico e a qualidade do ar de híbridos na fase de crescimento e terminação.

Os animais entraram nas baias com massa corporal média de 28,69 kg (baia LAM); 28,75 kg (baia VEX) e com 28,5 kg (baia VCE). Os animais permaneceram nas baias durante as fases de crescimento e terminação, no momento da saída das baias apresentaram uma massa corporal média de 83,47 kg (LAM); 85,47 kg (baia VEX) e 87,67 kg (baia VCE).

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, estruturas de sustentação em concreto armado, piso em concreto, com orientação Leste - Oeste. Cada baia possuía dois comedouros automáticos e quatro bebedouros tipo chupeta.

Foram comparadas três baias com diferenças em relação ao piso, sendo que uma baia possuía lâmina d'água (LAM), outra baia continha piso parcialmente vazado nas laterais (VEX) e a outra com piso parcialmente vazado nas laterais e no centro (VCE), com 72 animais alojados em cada baia. As baias possuem área de 72 m<sup>2</sup> (8m x 9m) cada e pé-direito de 3 metros. A primeira baia citada possui, em uma das suas extremidades, um rebaixo em seu piso, com 1 m de largura e 10 cm de profundidade, preenchido com água. Nas extremidades possuía divisórias em alvenaria de tijolos cerâmicos recoberta com uma camada de reboco pintada na cor branca, o piso era de concreto. A baia VCE possuía divisórias feitas com cordoalhas e pé-direito de 3 metros, o piso era de concreto, nas laterais possuía placas de concreto pré-moldadas vazadas. A baia com piso vazado nas extremidades (VEX) possuía divisórias laterais de alvenaria de tijolo com uma camada de reboco pintada na cor branca, piso de concreto, extremidades e centro com placas de concreto vazadas.

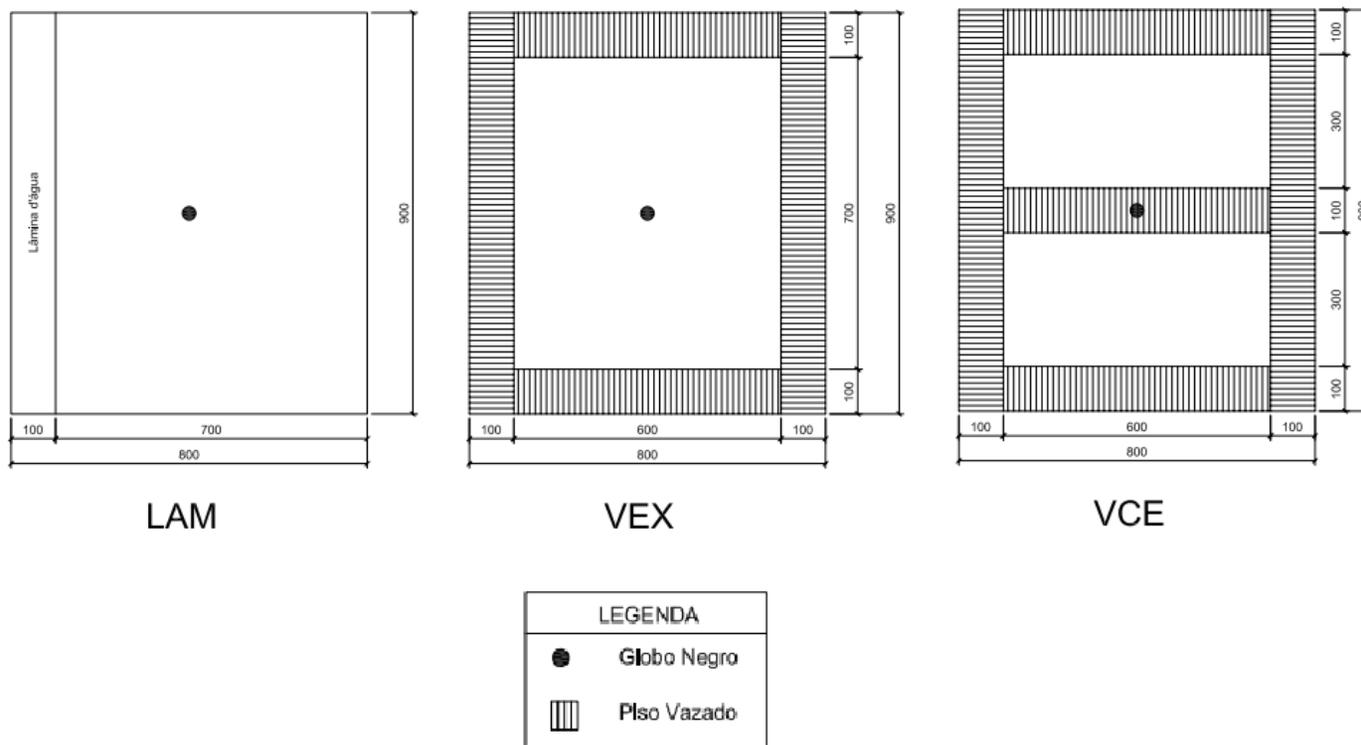


Figura 1 - Planta baixa das baias (LAM: Lâmina d'água, VEX: vazada nas extremidades e VCE: vazada no centro e extremidades).

Dados relativos ao conforto térmico ambiente nas baias e na parte externa foram coletados automaticamente, com o uso de *dataloggers* da marca Hobo, modelo U12-013, com acurácia de  $\pm 0,5$  °C. Esses equipamentos registraram a temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e temperatura de globo negro, em intervalos de cinco minutos. Foram posicionados dentro das instalações a 1,20 m da altura do piso (Sampaio et al., 2004).

Para as medidas de concentrações do gás amônia (NH<sub>3</sub>) foi utilizado sensor da marca Testo<sup>®</sup>, de “princípio eletroquímico”, com resolução de 1 ppm e precisão de  $\pm 1$  ppm, que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 100 ppm, cuja célula foi calibrada em empresa cadastrada pelo Inmetro. Para a coleta do gás carbônico (CO<sub>2</sub>), foi utilizado o sensor da marca Testo<sup>®</sup>, modelo 535, de “princípio infravermelho”, com resolução de 1ppm e exatidão de  $\pm 50$  ppm, que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 10.000 ppm. As concentrações dos gases foram medidas em três diferentes horários do dia (às 9, 12 e 15h), no interior de cada baia.

Para obter a medida do nível médio de ruído (dB), foi utilizado um decibelímetro (DEC-460 da marca Instrutherm). O instrumento possui resolução de 0,1 dB e precisão de  $\pm 1,5$  dB, operando em escala de compensação “A”. A coleta dos dados de ruídos foi obtida em duas alturas (ao nível dos animais (0,60 m) e 1,50 m do piso) em três horários do dia (9h, 12h e 15h), no centro da baia.

Com os resultados obtidos dos ruídos, foram compostos gráficos *boxplot* considerando os valores observados à altura dos animais. Para tal, foi utilizado o pacote estatístico Minitab® 16.1.0.

Os dados relativos ao ambiente térmico foram submetidos à análise de variância empregando-se o teste “F” e as médias posteriormente comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para tal, a análise foi conduzida adotando-se um delineamento em blocos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas, no qual os tipos de piso constituíram as parcelas, os horários de avaliação, as subparcelas e os dias de coleta como os blocos. Os resultados foram obtidos com o auxílio do *software* estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira, 2008).

Para os gases ( $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ ) e os ruídos, em decorrência do caráter não paramétrico das variáveis, foi feita uma análise descritiva dos dados e os tratamentos, bem como os horários de avaliação, foram estudados por meio da composição de gráficos *boxplot* e as medianas comparadas pelo intervalo de confiança a 95% de significância (IC = 95%). Para tanto, os resultados foram obtidos com o auxílio do *software* estatístico Minitab® 16.1.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ), pelo intervalo de confiança da mediana (Tabela 1, Figura 1), nos níveis de concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ , que variaram entre as baias e entre os horários analisados. Em relação aos horários, observou-se na baía LAM diferenças para os gases, apresentando a mesma tendência de resultado, havendo aumento no período da tarde. Às 12 e 15h ocorreram os valores mais elevados, estatisticamente iguais, seguidos pelo valor encontrado às 9h, sendo esse também estatisticamente igual ao das 12h.

Tabela 1 - Concentração de gases observada ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE) (ppm)

Variáveis	Baias	Horário		
		09:00	12:00	15:00
$\text{NH}_3$ (ppm)	LAM	7,0bA	10,0abA	12,5aA
	VEX	7,0aA	7,5aAB	7,5aAB
	VCE	5,0aA	5,0aB	6,0aB
$\text{CO}_2$ (ppm)	LAM	738,5bA	818,0abA	1114,5aA
	VEX	785,0aA	868,5aA	913,5aA
	VCE	618,0aA	482,0bB	541,0abB

Medianas seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo intervalo de confiança IC=95%.

Segundo Popescu et al. (2010), a produção e liberação de amônia são geralmente influenciadas pela temperatura e umidade relativa do ar. A umidade relativa do ar na baía LAM foi a mais alta em comparação com as demais (Tabela 2). A temperatura de globo na baía com lâmina d'água foi a mais baixa observada, ao se comparar todos os tratamentos. Quanto à temperatura ambiente e ITGU, os valores na LAM não diferiram dos observados na VEX, sendo mais baixos que aqueles encontrados na baía VCE.

Tabela 2 - Valores médios das variáveis ambientais observadas durante o período avaliado, ao longo do dia, em galpões para suinocultura em fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Variáveis <sup>1</sup>	Baía		
	LAM	VEX	VCE
UR (%)	68,5a	64,1c	66,2b
Tgn (°C)	19,9c	20,5b	21,2a
Tbs (°C)	19,8b	19,9b	20,6a
ITGU	66,2b	66,7b	67,3a

<sup>1</sup> Umidade relativa do ar (UR); Temperatura de globo negro (Tgn); Temperatura de bulbo seco (Tbs); Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

A baía VEX apresentou concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$  iguais estatisticamente entre os horários, já a baía VCE demonstrou concentrações iguais entre os horários para o gás  $\text{NH}_3$ .

As concentrações encontradas de  $\text{NH}_3$  estão abaixo do recomendado para animais pelas normas - *Commission Internationale du Gene Rural* - CIGR (Commission Internationale Du Génie Rural, 2002), de 20 ppm. Niosh (National Institute of Occupational Safety and Health, 1996) considera que a concentração máxima do gás não deva ultrapassar 25 ppm.

Porém, em determinados horários (12 e 15 horas) na baía LAM, a concentração de  $\text{NH}_3$  superou o limite recomendado por Heber, Jones e Sutton (1996), que consideram que concentrações acima de 10 ppm podem prejudicar a saúde e o crescimento do animal. Barker et al. (2002) relatam que a exposição a concentrações acima de 6 ppm levam à irritação das mucosas, e exposições acima de 20 ppm podem causar irritação nos olhos e problemas respiratórios. No presente estudo, em todos os horários de avaliação, na baía LAM e VEX, os valores de  $\text{NH}_3$  superaram os 6 ppm, indicando um possível desconforto para os animais.

Amâncio et al. (2013), ao estudarem a concentração  $\text{NH}_3$  em maternidade de suínos no inverno, também observaram diferença significativa na concentração média deste gás para os distintos horários avaliados, com maiores médias nos últimos turnos de avaliação (13 às 15h).

Em estudo realizado por Chang et al. (2001), que analisaram as concentrações de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  em instalações de creche e terminação de suínos, constataram que nas construções abertas, o acúmulo de gases e partículas no ar são minimizadas.

Com relação aos níveis de  $\text{CO}_2$  no presente trabalho, na baía VCE, também foram observadas diferenças entre os horários, sendo que as maiores concentrações foram registradas às 9 e 15 horas, havendo um decréscimo na concentração de  $\text{CO}_2$  às 12 horas.

Essa baía caracteriza-se por ser a mais aberta (pisos vazados e fechamentos laterais em cordoalha), possibilitando à mesma, uma maior renovação do ar do microambiente, notadamente neste período mais quente, reduzindo-se, proporcionalmente, desta forma, os níveis de  $\text{CO}_2$ .

Dessa forma, as menores concentrações de  $\text{CO}_2$  ocorreram nos horários de 12 e 15 horas (482ppm e 541ppm respectivamente) na baía VCE, quando comparadas com as demais.

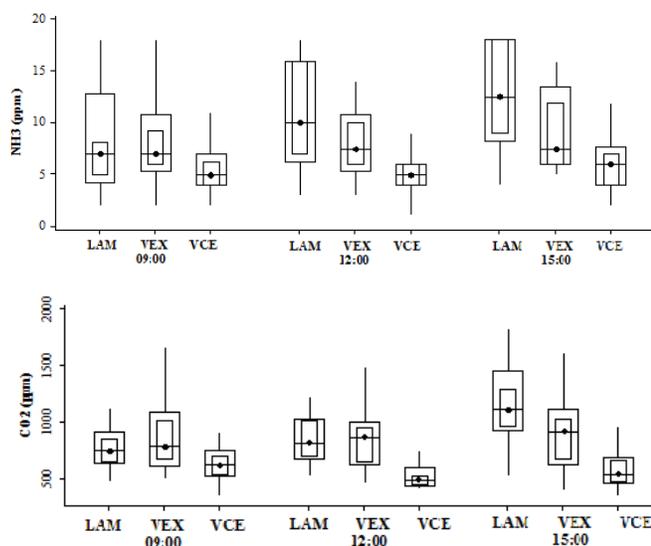


Figura 2 - *Boxplot* para as concentrações dos gases NH<sub>3</sub> (a) e CO<sub>2</sub> (b) na altura dos animais (0,60 m do piso) ao longo do dia em galpões para suinocultura em fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Para o horário das 9h, observou-se que não houve diferença estatística na concentração dos gases entre as baias estudadas. Para os horários das 12 e 15 horas, a concentração de NH<sub>3</sub>, nas baias LAM e VEX foi mais elevada. Para CO<sub>2</sub>, a baia VCE apresentou concentrações mais baixas nos horários das 12 e 15 horas, em comparação com as demais.

Os níveis de concentração de CO<sub>2</sub> encontrados no presente trabalho, são inferiores aos que podem prejudicar a saúde do animal, que segundo Nader et al. (2002) são acima de 3.000 ppm. A norma NR-15 (BRASIL, 1978) estabelece o

limite máximo de 3.900 ppm para trabalhadores. Para Larry, Steve e William (1994), o CO<sub>2</sub> é considerado excessivo acima de 3.000 ppm e para concentrações de até 5.000 ppm pode ser tolerado por breves períodos. Níveis acima de 20.000 ppm proporcionam efeitos negativos, tanto em animais quanto em pessoas.

Sousa et al. (2014), ao avaliarem concentrações de CO<sub>2</sub>, porém utilizando camas sobrepostas, para suínos na fase de terminação, também obtiveram resultados abaixo do nível de concentração que possa causar danos à saúde do animal, em todos os horários observados (9h; 11h30min; 14h e 16h30min).

No presente estudo, não foi observada diferença estatística, no intervalo de confiança e mediana a 95% de probabilidade, na pressão sonora (Tabela 3, Figura 3) em nenhum horário como também em nenhuma das alturas (nível dos animais e 1,50 m do piso).

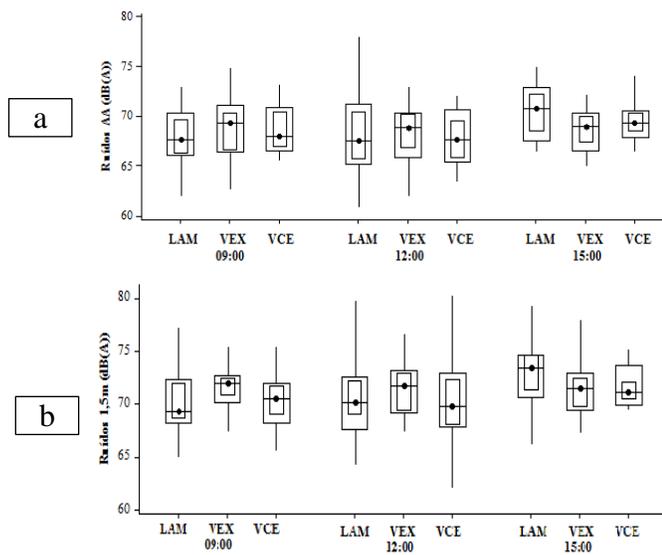
Tabela 3 - Nível dos ruídos medidos em galpões para suinocultura na fase de crescimento e terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).

Variáveis <sup>1</sup>	Baías	Horário		
		09:00	12:00	15:00
Ruído AA (dB(A))	LAM	67,7aA	67,6aA	70,8aA
	VEX	69,3aA	68,9aA	68,9aA
	VCE	68,0aA	67,65aA	69,3aA
Ruído 1,5m (dB(A))	LAM	69,3aA	70,15aA	73,4aA
	VEX	71,9aA	71,65aA	71,3aA
	VCE	70,4aA	69,7aA	71,0aA

<sup>1</sup> Ruído AA (dB(A)) – ruído medido à altura dos animais; Ruído 1,5m (dB(A)) – ruído medido à altura de 1,5m do piso. Mediana seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo intervalo de confiança IC=95%.

As médias observadas, tanto na altura dos animais, quanto a 1,50 m do piso para todos os tratamentos e em todos os horários observados, estão dentro da faixa de tolerância de emissão de ruídos preconizada pela norma NR-15 (Brasil, 1978), de 85 dB para trabalhadores, demonstrando que não há condições de insalubridade para os trabalhadores, podendo os mesmos ficar expostos a períodos mais longos, nas condições depreendidas no estudo. De acordo com Tolon et al. (2010), por não existirem normas específicas que avaliem o limite de tolerância dos ruídos emitidos pelo animais, têm sido adotado como valor ideal os mesmos níveis de ruídos indicados para o ser humano.

Figura 3 - *Boxplot* para os níveis dos ruídos ao nível dos animais (a) e a 1,5 m em relação ao piso (b) em galpões para suinocultura na fase de terminação com pisos em lâmina d'água (LAM), vazado nas extremidades (VEX) e vazado no centro e nas extremidades (VCE).



Sampaio, Nääs e Nader (2005) afirmam que o comportamento do ruído emitido pelos animais ao longo do dia está relacionado ao maior ou menor bem-estar para os suínos. Sendo assim, como não houve diferença entre os níveis de ruídos, com os valores encontrados abaixo das recomendações e com o ITGU dentro de níveis adequados, pode-se presumir que os animais estavam em uma condição de conforto.

### **CONCLUSÕES**

1. Embora tendo diferença significativa nas concentrações de CO<sub>2</sub>, os valores encontrados estão dentro dos valores preconizados pelas normas, assim presumindo-se que as instalações não ocasionam desconforto em relação a níveis de CO<sub>2</sub>.
2. A baia com lâmina d'água demonstrou proporcionar um possível desconforto aos animais, com nível de concentração de NH<sub>3</sub> acima de valores que já podem acarretar problemas aos mesmos.
3. Não foi observada influência das tipologias construtivas avaliadas das baias sobre a pressão sonora em nenhum horário.

### **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, pela concessão de bolsa do programa Sanduíche de Doutorado no Exterior (PSDE - processo 99999.010665/2014-05), à FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro aos projetos.

**LITERATURA CITADA**

Amancio, D.; Furtado, D. A.; Nascimento, J. W.; Dos Santos, L. D. F. avaliação da qualidade do ar e ambiente térmico em maternidade suinícola no semiárido paraibano<sup>1</sup>. Revista Educação Agrícola Superior, Brasília, v.28, n.1, p.10-14, 2013.

Barker, J.; Curtis, S.; Hogsett, O.; Humenik, F. Safety in swine productions systems. North Carolina: Waste Quality & Waste Management, North Carolina Cooperative Extension Service, p.12. 2002.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: atividades e operações insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. 12 out 2014.

Campos, J.A. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho animal em dois tipos de suinoculturas. 2006. 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

Chang, C. W.; Chung, H.; Huang, C.F.; Su, H.J.J. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. Annals of Occupational Hygiene, New York, v. 45, n. 6, p. 457-465, Aug. 2001.

- Commission Internationale Du Génie Rural. Climatization of Animal Houses. Heat and moisture production at animal and house levels. Horsens, Denmark. 2002. 45p.
- Dantas, A.A.A.; Carvalho, L. G. De; Ferreira, E. Classificação e tendências climáticas e Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Científica Symposium, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.
- Heber, A.; Jones, D.; Sutton, A. Indoor air quality: Controlling ammonia gas in swine buildings. Purdue University Cooperative: Extension Service. 2002. Disponível em: <<https://www.extension.purdue.edu/extmedia/IAQ/IAQ-1.pdf>>. 18 mar. de 2015.
- Inoue, K. R. A.; Tinôco, I. F. F.; Cassuce, D. C.; Graña, A.L.; Bueno, M. M.; Tinôco, B. F. Análise da concentração de amônia em galpões de frangos de corte submetidos a diferentes dietas. Engenharia na Agricultura, v.20, p.19-24. 2012.
- Kiefer, C.; Moura, M. S. D.; Silva, E. A. D.; Santos, A. P. D.; Silva, C. M.; Luz, M.F. D.; Nantes, C. L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. Salvador, v.11, n.2, p. 496-504 abr/jun, 2010.

Larry, D.J.; Steve, P.; William, G.B. Troubleshooting swine ventilation systems.

West Lafayette: Purdue University Cooperative Extension Service, 32 p.  
(PIH, 84). 1994.

Nader, A.; Baracho, M.S.; Nääs, I.A.; Sampaio, C.A.P. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação à presença de gases e fungos) em creche de suínos. In: Seminário Poluentes Aéreos e Ruídos em Instalações para Produção de Animais, 2002, Campinas. Anais... Campinas: Feagri, 2002. p. 49-56.

National Institute of Occupational Safety and Health. Safety in swine production systems. North Carolina: Cooperative Extension Service Publications. n. PIH - 104, 1996.

Pedersen, S.; Ravn, P. Characteristics of slatted floors in pig pens; friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 005. v 10. July 2008.

Popescu, S.; Stefan, R.; Borda, C.; Lazar, E.A.; Sandru, C.D.; Spinu, M. The ammonia concentration in growing-finishing pig houses. Lucrari stiintifice medicina veterinara. Timisoara, v.43, n.2, p. 320-326. 2010.

Sampaio, C.A.P.; Cristiani, J.; Dubiela, J.A.; Boff, C.E.; Oliveira, M.A.  
Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação

- de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, maio/jun. 2004.
- Sampaio, C.A.P.; Nääs, I.A.; Nader, A. Gases e ruídos em edificações para suínos: aplicação das normas NR-15, CIGR e ACGIH. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.10-18. 2005.
- Silva, K. O.; Nääs, I.A.; Tolon, Y.B.; Campos, L.S.L.; Salgado, D.D. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 339-344, jun. 2007.
- Silva-Miranda, K. O.; Borges, G.; Menegale, V. L. C.; Silva, I.J.O. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.3, p.435-445, maio/jun, 2012.
- Sousa, F. A., Campos, A. T., Amaral, P. I. S., Castro, J. O., Junior, T. Y., Veloso, A. V., Ferreira, S. V.; Cecchin, D. Ambiência aérea e temperatura da cama sobreposta em instalação para suínos. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, Mossoró, v.2, n.4, p.109-116, 2014.
- Tolon, Y.B.; Baracho, M.S.; Nääs, I.A.; Rojas, M.; Moura, D.J. Ambiência térmica aérea e acústica para reprodutores suínos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-13, jan/fev. 2010.
- Zhang, Q. Odour production, evaluation and control. Manitoba: Livestock Manure Management Initiative, 2002. 105 p.



**ARTIGO 3 - ÍNDICE *FUZZY* PARA O CONFORTO TÉRMICO DE  
SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO COM BASE  
NA TEMPERATURA SUPERFICIAL E FREQUENCIA RESPIRATÓRIA**

**ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2003),  
ADAPTADO A NORMA DA UFLA.**

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi desenvolver e testar um modelo matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever a temperatura superficial e frequência respiratória de suínos em função da idade dos animais e o índice de temperatura e umidade (ITU). Foram observados suínos na fase de crescimento e terminação. Os dados do ambiente térmico (ITU) e respostas fisiológicas (Temperatura Superficial (TS) e Frequência Respiratória (FR)) foram usados no desenvolvimento de um modelo *fuzzy*, sendo definidas, como variáveis de entrada a idade dos animais (dias) e o índice de temperatura e umidade (ITU), por se tratarem de variáveis que influenciam diretamente nas respostas fisiológicas dos animais. O desvio-padrão médio do modelo *fuzzy* em relação aos valores observados experimentalmente foi de 0,61% e 1,38%, para TS e FR, respectivamente, sendo o desvio-padrão maior encontrado de 1,30% e 4,16% (para TS e FR, respectivamente) e o desvio-padrão menor de 0,01% e 0,14% (para TS e FR respectivamente). Os coeficientes de determinação ( $R^2$ , %) obtidos mostraram que 58,72% e 83,55% (para TS e FR respectivamente) da variação podem ser explicadas pelo modelo. Portanto, o modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade dos suínos e do ITU mostrou-se mais adequado para a predição da resposta frequência respiratória do que para a predição da temperatura superficial de suínos na fase de crescimento. Apresenta baixo desvio-padrão e correlação considerável para essa variável com os dados medidos durante a condução do experimento de campo, podendo ser utilizado como ferramenta de controle do ambiente térmico em instalações comerciais de produção.

**Palavras-chave:** Ambiência térmica. Instalações para suínos. Modelagem *fuzzy*.

**Fuzzy index for thermal comfort of pigs in growing and finishing phases  
based on surface temperature and respiratory rate**

**ABSTRACT**

The objective of this study was to develop and test a computational mathematical model, based on the theory of fuzzy sets, to predict the surface temperature and respiratory rate of pigs in function of age and temperature and humidity index (THI). Pigs were observed in the growth-finishing phase. The thermal environment index (THI) and physiological responses (surface temperature (ST) and respiratory rate (RR)) were used in developing a fuzzy model. The age of the animals (days) and the temperature and humidity index (THI) were defined as input variables, since they directly influence the physiological responses of the animals. The average standard deviation of the fuzzy model of the values observed experimentally was of 0.61% and 1.38%, for TS and FR, respectively, the highest standard deviation was of 1.30% and 4.16% (for TS and RR, respectively) and the lowest standard deviation of 0.01% and 0.14% (for TS and FR respectively). The coefficients of determination (R<sup>2</sup>) showed that 58.72% and 83.55% (for TS and FR respectively) of the variation can be explained by the model. Therefore, the fuzzy model developed based on the age of the pigs and the THI was often more suitable for respiratory response prediction than for predicting surface temperature of pigs in the growth phase, with low standard deviation and significant correlation to this variable, measuring the data during the field experiment. Therefore, this model can be used as a control tool of the thermal environment in commercial production facilities.

**Keywords:** Thermal environment. Swine housing. Fuzzy modeling.



## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente térmico no interior das instalações tem importância vital para o sucesso da atividade suinícola (VIERA et al., 2010). Observa-se que em situações de altas temperaturas ambientais, o desempenho de suínos tem sido afetado consideravelmente (KIEFER et al., 2009; ROCHA et al., 2012).

Em sistema de criação intensivo o ambiente influencia diretamente na condição de conforto e bem-estar dos suínos (PANDORFI et al., 2007). Animais sob efeito do estresse térmico por calor podem ser identificados por alguns parâmetros fisiológicos, como por exemplo, aumento da temperatura corporal, pela frequência respiratória e cardíaca (VIERA et al., 2010). Segundo Hannas (1999), a primeira resposta dos suínos quando expostos à temperatura acima do limite superior da zona de conforto térmico é o aumento da taxa respiratória, decorrente da estimulação direta do centro hipotalâmico.

O conhecimento e identificação das variáveis climáticas que influenciam diretamente no desempenho do animal na forma de estresse térmico, é a principal medida para buscar e executar medidas atenuantes do desconforto e perda de produção (BLOEMHOF et al., 2008; NAZARENO et al., 2012; VERÍSSIMO et al., 2009).

A aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* vem sendo desenvolvida nas áreas de ambiência e de produção animal, por pesquisadores que comprovam a eficácia do uso dessa ferramenta em seus estudos de ambiência e de bem-estar animal. Entre eles estão: a utilização de modelos para predizer o conforto térmico no interior de instalações (PONCIANO et al., 2011), parâmetros fisiológicos (NASCIMENTO et al., 2011; PONCIANO et al., 2012) e produção (SCHIASSI et al., 2015).

Diante deste contexto, objetivou-se, com o presente trabalho, desenvolver e testar um modelo matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para predizer o conforto térmico a partir da temperatura

superficial e frequência respiratória dos suínos, em função da idade dos animais e o índice de temperatura e umidade (ITU).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Niterói) situada a 21°11'37" de latitude Sul, 45°02'49" de longitude Oeste e altitude média de 918 m, no município de Lavras/MG, no período de junho a setembro de 2014, estação de inverno.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS et al., 2007).

Os animais entraram nas baias com massa corporal média de 28,69 kg (baia LAM); 28,75 kg (baia VEX) e com 28,5 kg (baia VCE). Os animais permaneceram nas baias durante as fases de crescimento e terminação, no momento da saída das baias apresentaram uma massa corporal média de 83,47 kg (LAM); 85,47 kg (baia VEX) e 87,67 kg (baia VCE).

Os animais foram alojados em galpões de alvenaria, cobertos com telhas de fibrocimento, estruturas de sustentação em concreto armado, piso em concreto, com orientação Leste - Oeste. Cada baia possuía dois comedouros automáticos e quatro bebedouros tipo chupeta.

Foram comparadas três baias com diferenças em relação ao piso e fechamentos, sendo uma baia constituída por lâmina d'água, outra baia com piso parcialmente vazado nas laterais e a outra com piso parcialmente vazado nas laterais e no centro das instalações, com 72 animais alojados em cada baia. As baias possuem área de 72 m<sup>2</sup> (8 m x 9 m) cada. A baia com lâmina d'água tem pé-direito de 3 m, em uma das suas extremidades possui uma lamina d'agua com cerca de 1 m de largura e 10 cm de profundidade, abastecida por água. As baias com piso vazado nas laterais e centro possuem fechamentos nas laterais de cordoalhas e pé-direito de 3 m; já a com piso vazado nas extremidades, possui fechamentos nas laterais de alvenaria.

***Temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR)***

A temperatura superficial dos animais foi determinada em três horários (9, 12 e 15h) por meio de um termômetro de superfície, sem contato, infravermelho, da marca Fluke modelo 62 Mini, com precisão de  $\pm 1\%$  da leitura. Foram escolhidos cinco animais de forma aleatória em cada baia, nos quais foram coletadas as temperaturas superficiais. A temperatura foi coletada em três pontos (nuca, paleta e pernil), calculando-se a média das mesmas, como realizado por Amaral et al. (2014).

Para a coleta da frequência respiratória foi adotada metodologia utilizada por Amaral et al. (2014), em que é feita a aferição visual e contagem da movimentação do flanco do animal durante 15 segundos, posteriormente multiplicando-se por quatro para se obter a quantidade de movimentos por minuto. Foram observados cinco animais aleatorizados (em cada baia) nos horários das 9, 12 e 15 horas, durante os dias de coleta de dados.

***Parâmetros ambientais***

Dados relativos ao conforto térmico ambiente nas baias e na parte externa foram coletados automaticamente, com o uso de *dataloggers* da marca Hobo, modelo U12-013, com acurácia de  $\pm 0,5$  °C. Esses equipamentos registraram a temperatura e umidade relativa do ar, em intervalos de cinco minutos. Foram posicionados dentro das instalações a 1,20 m da altura do piso (SAMPAIO et al., 2004).

O ITU foi utilizado para avaliação do ambiente térmico, calculado por meio da equação proposta por Thom (1958):

$$\text{ITU} = t_{bs} + 0,36t_{po} + 41,2 \quad (1)$$

em que:

$t_{bs}$ : temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_{po}$ : temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### **Modelagem *fuzzy***

Os dados do ambiente térmico (ITU) e as respostas fisiológicas (TS, FR) foram usados no desenvolvimento de um modelo *fuzzy*, sendo definidas, como variáveis de entrada: a idade dos animais (dias) e o índice de temperatura e umidade (ITU), por se tratarem de variáveis que influenciam diretamente nas respostas fisiológicas dos animais.

Com base nas variáveis de entrada e utilizando como referência os dados experimentais coletados durante as análises de campo, o modelo *fuzzy* prediz as variáveis de saída de temperatura superficial e frequência respiratória, auxiliando assim na predição de possíveis perdas produtivas relacionadas às mudanças do ambiente térmico durante a fase de crescimento dos animais.

A partir dos dados coletados no experimento de campo para as três tipologias de instalações avaliadas, foram obtidos 720 conjuntos de dados, desse total, de forma aleatória, 65% (469 pares de dados) foram utilizados no desenvolvimento e treinamento do modelo *fuzzy*, e 35% (251 pares de dados) foram utilizados para ajustes e teste do modelo desenvolvido.

A análise dos dados foi realizada por meio do método de inferência de Mamdani, que traz como resposta um conjunto *fuzzy* originado da combinação dos valores de entrada, com os seus respectivos graus de pertinência, por meio do operador mínimo e, em seguida, pela superposição das regras pelo operador máximo (PONCIANO et al., 2012).

As variáveis de entrada Idade e ITU foram divididas em seis e quatro funções de pertinência, respectivamente (TABELA 1). Seus valores máximos e mínimos foram determinados de acordo com a idade dos animais durante a fase de crescimento e terminação (76 a 111 dias de vida) e com base nos dados

térmicos observados durante o período de avaliação de campo (ITU de 60 a 85) e classificado segundo adaptação das Diretrizes para Transporte de suínos em tempo quente - PIC (Guidelines for Hot Weather Transport of PIC Pigs) (PIC, 2015), em que considera ITU abaixo de 74 normal para suínos, de 75 a 79 situação de alerta, de 80 a 85 situação de perigo e acima de 85 considera-se emergência.

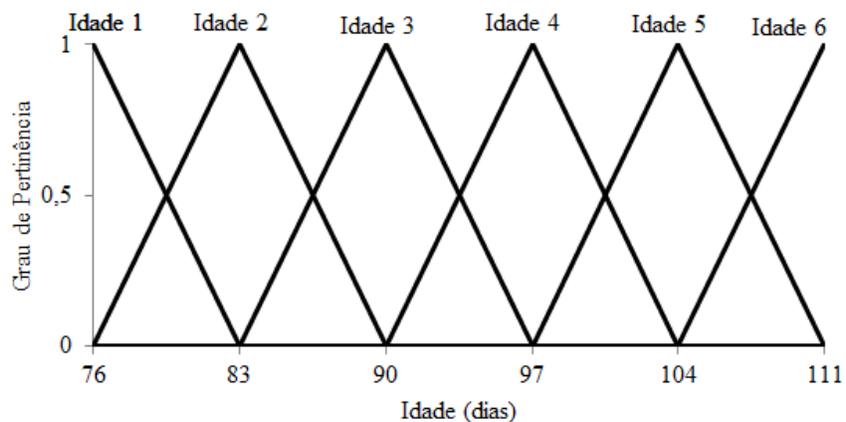
Tabela 1 - Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada.

Variável	Conjuntos <i>fuzzy</i>
Idade	Idade 1 [76; 83]
	Idade 2 [76; 90]
	Idade 3 [83; 97]
	Idade 4 [90; 104]
	Idade 5 [97; 111]
	Idade 6 [104; 111]
ITU	Seguro [62; 75]
	Crítico [74; 80]
	Perigo [79; 86]
	Emergência [85; 90]

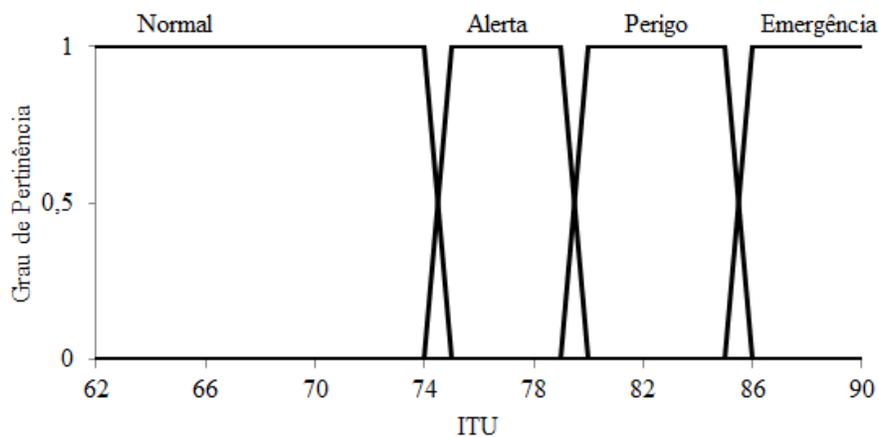
Os domínios nos intervalos das variáveis de entrada estão apresentados na Figura 1. Após teste preliminar de ajuste, os modelos de curvas de pertinência utilizados foram o triangular e trapezoidal, por se ajustarem melhor aos dados das variáveis estudadas, conforme metodologia empregada por Campos et al. (2013) e Yanagi Junior et al. (2012).

Figura 1 - Funções de pertinência para as variáveis de entrada Idade (A) e ITU (B).

A.



B.



As variáveis de saída, FR e TS, usadas na construção do modelo *fuzzy*, permitem a indicação direta do nível de conforto térmico experimentado pelos animais. Seus conjuntos estabelecem intervalos de acordo com os dados obtidos nas coletas de campo, assim como os conjuntos *fuzzy* especificados (TABELA 2).

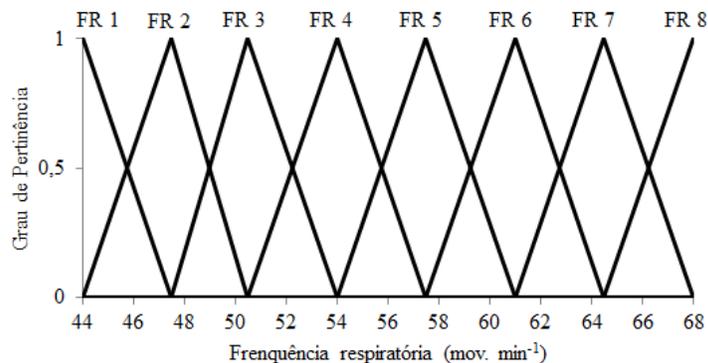
Tabela 2 - Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída.

Variável	Conjuntos <i>fuzzy</i>
Frequência respiratória (mov. min <sup>-1</sup> )	FR 1 [44; 50]
	FR 2 [44; 56]
	FR 3 [50; 62]
	FR 4 [56; 68]
	FR 5 [62; 68]
Temperatura superficial (°C)	TS 1 [29; 31]
	TS 2 [29; 33]
	TS 3 [31; 35]
	TS 4 [33; 37]
	TS 5 [35; 37]

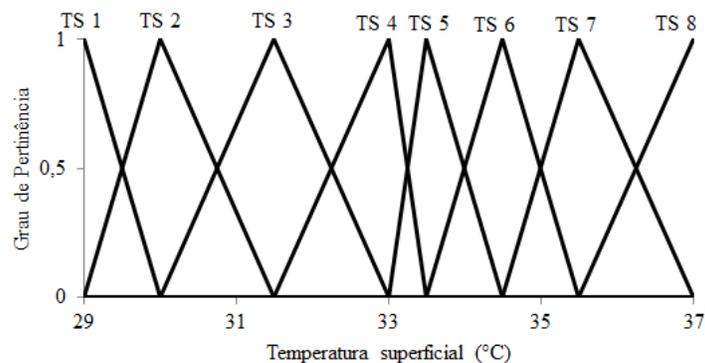
Os intervalos adotados para as variáveis de saída foram caracterizados por curvas de pertinência do tipo triangular (FIGURA 2), por representar melhor o conjunto de dados e por resultarem nos menores valores de desvios observados.

Figura 2 - Curvas de pertinência para as variáveis de saída: frequência respiratória (A), temperatura superficial (B).

A.



B.



O sistema de regras *Fuzzy* foi criado com base em informações da literatura e por meio do auxílio de especialistas, em forma de sentenças linguísticas. Quatro especialistas foram selecionados, conforme metodologia de especialista *Fuzzy* proposta por Cornelissen et al. (2002) e utilizada por Escobar e Galindo (2004), Yanagi Júnior et al. (2012) e Schiassi et al. (2015). Dois especialistas possuem experiência animal e dois em produção de frangos de corte, sendo que todos possuem mais de 10 anos de atuação nas respectivas áreas, caracterizando domínio sobre o tema. Tal experiência demonstrada pelo

especialista é desejável (AYYUB; KLIR, 2006), tendo em vista sua influência direta na confiabilidade e na qualidade dos resultados (TAYLOR, 1988).

De acordo com as combinações dos dados de entrada, foram definidas 24 regras (Tabela 3) e, para cada regra, foi atribuído um fator de ponderação igual a 1. O fator de ponderação igual a 1, usualmente adotado como *default*, foi escolhido por mostrar-se adequado ao modelo proposto com base no comportamento dos resultados obtidos pelas simulações. Ademais, este valor tem sido adotado em diversos modelos *fuzzy* reportados pela literatura (FERREIRA et al., 2007; SCHIASSI et al., 2012).

Tabela 3 - Sistema de regras da inferência Fuzzy para as variáveis de entrada e saída consideradas. (Continua)

Regra	Variáveis de entrada		Variáveis de saída	
	Idade	ITU	FR	TS
1	Idade1	Normal	FR4	TS5
2	Idade1	Alerta	FR7	TS6
3	Idade1	Perigo	FR8	TS7
4	Idade1	Emergência	FR8	TS8
5	Idade2	Normal	FR3	TS5
6	Idade2	Alerta	FR4	TS5
7	Idade2	Perigo	FR5	TS6
8	Idade2	Emergência	FR7	TS8
9	Idade3	Normal	FR1	TS4
10	Idade3	Alerta	FR2	TS4
11	Idade3	Perigo	FR3	TS5
12	Idade3	Emergência	FR5	TS6
13	Idade4	Normal	FR1	TS1
14	Idade4	Alerta	FR2	TS2

Tabela 3 - Sistema de regras da inferência Fuzzy para as variáveis de entrada e saída consideradas. (Conclusão)

Regra	Variáveis de entrada		Variáveis de saída	
	Idade	ITU	FR	TS
15	Idade4	Perigo	FR3	TS4
16	Idade4	Emergência	FR4	TS5
17	Idade5	Normal	FR1	TS3
18	Idade5	Alerta	FR2	TS3
19	Idade5	Perigo	FR3	TS3
20	Idade5	Emergência	FR4	TS4
21	Idade6	Normal	FR1	TS2
22	Idade6	Alerta	FR5	TS6
23	Idade6	Perigo	FR6	TS7
24	Idade6	Emergência	FR6	TS8

A validação do modelo *fuzzy* foi feita por meio de comparação com os dados do experimento de campo previamente selecionados, utilizando-se 35% dos dados obtidos durante as coletas.

As simulações foram feitas por meio do modelo *fuzzy* desenvolvido, considerando como variáveis de entrada idade e ITU e comparando as respostas fisiológicas medidas com as respostas obtidas nas simulações.

Nos testes desenvolvidos, foram simuladas as respostas fisiológicas de FR e TS dos suínos utilizando o modelo *fuzzy* proposto e os resultados foram comparados com os dados coletados experimentalmente. Esses testes tiveram por objetivo avaliar a capacidade do modelo em prever a FR e TS para todas as possibilidades de combinação dos dados de entrada e, dessa forma, ser utilizado como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão quanto ao controle de perdas produtivas relacionadas a situações de estresse térmico.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de conforto térmico obtido por meio do modelo *fuzzy*, assim como os valores observados experimentalmente e o desvio-padrão estão dispostos na Tabela 4. O desvio-padrão é uma medida da variabilidade ou dispersão dos dados, e quanto maior for, maior será a dispersão dos dados.

O desvio-padrão médio do modelo *fuzzy* em relação aos valores observados experimentalmente foi de 0,61% e 1,38%, para TS e FR, respectivamente, podendo ser observado na Tabela 3. O maior desvio-padrão encontrado foi de 1,30% e 4,16%, para TS e FR, respectivamente e o menor desvio-padrão foi de 0,01 e 0,14% (para TS e FR, respectivamente).

Tabela 4 - Desvios e erros padrões médios das respostas fisiológicas observadas e simuladas pelo modelo *fuzzy*

	Frequência respiratória (mov. min. <sup>-1</sup> )	Temperatura superficial (°C)
Desvio-padrão (médio)	1,38	0,61
Erro % (médio)	3,83	2,62
Erro Padrão Médio	0,15	0,07

Schiassi et al. (2015) trabalhando com modelagem *fuzzy* no desempenho de frangos de corte obtiveram desvios-padrão médios das variáveis consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de 4,15 g; 3,10 g e 0,03 g g<sup>-1</sup>, respectivamente correspondendo aos erros percentuais medidos de 2,12; 2,74 e 1,94%.

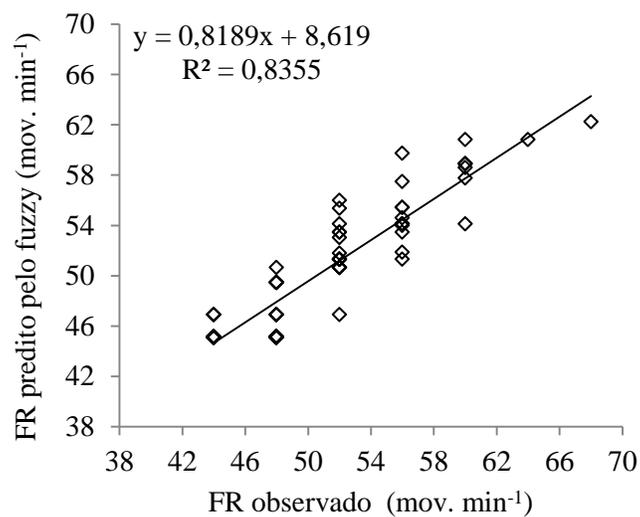
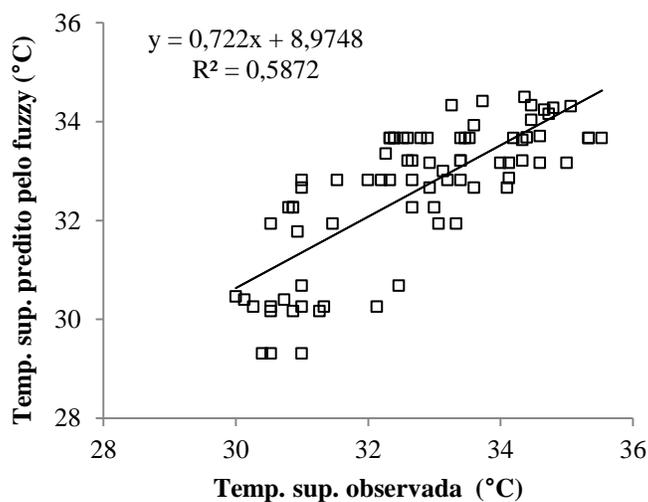
Ponciano et al. (2012), também estudando frangos de corte, desenvolveram um modelo *fuzzy* para a predição do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar e encontraram os respectivos desvios-padrão: 4,31 g, 4,76 g e 0,02 g g<sup>-1</sup>.

Em estudo sobre taxa de ocupação em instalações de gado de leite, Campos et al. (2013) encontraram um desvio-padrão médio de 3,93%.

O desvio-padrão médio encontrado no presente trabalho foi menor que os encontrados por Campos et al. (2013), Ponciano et al. (2012) e Schiassi et al. (2015) em seus estudos, evidenciando uma alta precisão do modelo *fuzzy* desenvolvido.

Para medir a qualidade do modelo em relação a sua capacidade para estimar corretamente os valores da variável resposta, foi calculado o coeficiente de determinação ( $R^2$ , %) como apresentado na Figura 3. Os coeficientes obtidos mostraram que 58,72% e 83,55% (para TS e FR respectivamente) da variação podem ser explicados pelo modelo.

Figura 3 - Regressões lineares para as variáveis de saída: temperatura superficial (TS) e frequência respiratória (FR).



Schiassi et al. (2015), trabalhando com modelagem *fuzzy* no desempenho de frangos de corte, obtiveram resultados de coeficiente de

determinação de 99,89; 99,60; 98,01, para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente.

Ponciano et al. (2012) também trabalharam com modelagem *fuzzy* para frangos de corte, encontraram os coeficientes de determinação 99,8; 99,5 e 97,6% para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar respectivamente.

Estudando a estimativa do peso de ovos de codornas japonesas com uso de modelo *fuzzy*, Castro et al. (2012) obtiveram um coeficiente de determinação de 66,80%. Entretanto, Campos et al. (2013), ao estudarem a taxa de ocupação em instalações para gado de leite, obtiveram um coeficiente de determinação de 75,45%.

O coeficiente de determinação do presente trabalho foi menor que os encontrados por Campos et al. (2013), Ponciano et al. (2012) e Schiassi et al. (2015), e próximos ao obtido por Castro et al. (2012). Com base na literatura citada, observa-se que, de acordo com os coeficientes de determinação encontrados (58,72% e 83,55%), o modelo mostrou-se adequado e satisfatório apenas para a predição da frequência respiratória, auxiliando no controle do ambiente térmico para suínos, enquanto para respostas de temperatura superficial mostrou-se não satisfatório, uma vez que esse coeficiente de determinação é considerado baixo quando se trabalha com animais.

A variação da temperatura superficial é alta, podendo variar conforme o sistema de criação (NAZARENO et al., 2012), a raça (HENKEN et al., 1991), fatores ambientais e como resposta a ajustes na circulação periférica, como forma de dissipação de calor (SOERENSEN; PEDERSEN, 2015), assim como a posição do animal, incidência de radiação sob os animais e contato com outros animais. Devido a todas essas variáveis que podem alterar a temperatura superficial do suíno, não foi obtido um coeficiente de correlação alto o suficiente para que o modelo pudesse ser utilizado para prever a temperatura superficial.

#### **4 CONCLUSÕES**

Para a predição da temperatura superficial, pode-se concluir que os dados de idade e ambiente térmico, considerados na entrada do modelo, não se mostraram suficientes para predizer com eficácia a variação desta resposta.

Deste modo, o modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade dos suínos e do ITU mostrou-se adequado somente para a predição da resposta frequência respiratória de suínos na fase de crescimento, para diferentes tipos de piso. Apresentou baixo desvio-padrão e correlação considerável para essa variável com os dados medidos durante a condução do experimento de campo, podendo ser utilizado como ferramenta de controle do ambiente térmico em instalações comerciais de produção.



## REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. I. S. et al. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, London, v. 2, n. 2, p. 54-59, Apr. 2014.
- AYYUB, B. M.; KLIR, G. J. **Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences**. Boca Raton: Chapman & Hall, 2006. 378 p.
- BLOEMHOF, S. et al. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 15, p. 3330-3337, Aug. 2008.
- CAMPOS, A. T. et al. Prediction of free-stall occupancy rate in dairy cattle barns through fuzzy sets. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1079-1089, nov/dez. 2013.
- CASTRO, J. D. O. et al. Estimate of the weight of japanese quail eggs through fuzzy sets theory. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n.1, p. 108-116, jan./fev. 2012.
- CORNELISSEN, A. M. G. et al. **Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems**. Netherlands: Erasmus Research Institute, 2002. Disponível em: <[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=371055](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=371055)>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L.G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas e Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- ESCOBAR, C.; GALINDO, J. Fuzzy control in agriculture: simulation Software. In: MARÍN, J.; KONCAR, V. **Industrial simulation conference**. Málaga: ISC Spain, 2004. p. 45-49.
- FERREIRA, L. et al. Development of algorithm using fuzzy logic to predict estrus in dairy cows: part I. **Agricultural Engineering International: CIGR journal**, Amsterdam, v. 9, p. 1-16, Sept. 2007.
- HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 1-33.

HENKEN, A. M. et al. Heat-balance characteristics of limit-fed growing pigs of several breeds kept in groups at and below thermal neutrality. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 6, p. 2434–42, June 1991.

KIEFER, C. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archives de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 221, p. 55-64, mar. 2009.

NASCIMENTO, G. R. D. et al. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 219-229, mar./abr. 2011.

NAZARENO, A. C. et al. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, maio/jun. 2012.

PANDORFI, H. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 83-92, jan./abr. 2007.

PIC. **Guidelines for hot weather transport of pic pigs**. [S.l.: s.n.], 2015. 2 p. Disponível em: <[http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs\(2\)\(2\)%5B3%5D.pdf](http://www.pic.com/Images/Users/1/salesportal/newsletters/enewsletterarchive/GuidelinesforHotWeatherTransportofPICPigs(2)(2)%5B3%5D.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

PONCIANO, P. F. et al. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica *fuzzy*: uma revisão. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, p. 1-13, 2011.

PONCIANO, P. F. et al. Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 446-458, maio/jun. 2012.

ROCHA, J. da S. et al. Características termorreguladoras de diferentes linhagens de suínos na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 140-143, dez. 2012.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, maio/jun. 2004.

SCHIASSI, L. et al. Fuzzy modeling applied to the welfare of poultry farms workers. **Dyna**, Medellin, v. 79, n. 174, p. 127-135, 2012.

SCHIASSI, L. et al. Modelagem *Fuzzy* aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 140-146, 2015.

SOERENSEN, D. D.; PEDERSEN, L. J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Kobenhavn, v. 57, n. 1, p. 1-11, Feb. 2015.

TAYLOR, J. Depphi method applied to tourism. In: WITTIS, M. L. **Tourism marketing and management handbook**. New York: Prentice Hall, 1988. p. 95-99.

THOM, E. C. Cooling degree: day air conditioning. Heating, and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**, New York, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

VERÍSSIMO, C. J. et al. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 159-167, fev. 2009.

VIEIRA, R. de F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 2, n. 1, p. 63-70, maio 2010.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Procedimento fuzzy aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 423-434, maio/jun. 2012.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nesses estudos são provenientes das respostas obtidas frente às condições que os animais estavam submetidos no ambiente de criação, o que traz informações pertinentes quanto ao que foi estudado na presente pesquisa.

Com as exigências de bem-estar animal, deve-se adequar o sistema de produção para atender às necessidades de conforto dos animais, seja de caráter ambiental como de manejo. O ITGU é um índice sempre referido quando se pretende caracterizar o conforto térmico numa instalação animal. Na presente pesquisa, no interior das baias em estudo, apresentaram-se valores médios no período mais quente do dia um pouco acima do que é recomendado para suínos em crescimento e terminação, não se registrando, nesses mesmos horários de temperatura elevada nas baias, diferenças significativas entre as baias para os valores médidos dos parâmetros ambientais.

Embora tenham sido encontradas diferenças significativas entre as baias no que diz respeito às concentrações dos gases, os valores encontrados estão dentro dos valores preconizados pelas normas. Presume-se assim que, de um modo geral, as instalações estudadas não ocasionam desconforto em relação aos níveis dos gases avaliados. No entanto, os diferentes tipos de baias avaliadas na pesquisa demonstraram algumas diferenças entre si relativamente a algumas variáveis ambientais. A baia com lâmina d'água demonstrou um possível desconforto aos animais, por apresentar concentrações do nível de amônia elevadas, podendo desta forma acarretar problemas aos suínos se expostos a essas concentrações durante longos períodos do dia. Esta apresenta também valores de umidade relativa média mais elevada e temperatura de globo negro média mais baixa do que as demais baias, o que indica que possivelmente essas variáveis ambientais tiveram influência sobre a produção e concentração de amônia.

Porém as diferentes tipologias construtivas avaliadas não apresentaram influencia no parâmetro pressão sonora em nenhum dos níveis avaliados. (ao nível dos animais e ao nível do solo)

A utilização da teoria dos conjuntos fuzzy aplicada à produção de suínos, permitiu estabelecer algumas condições de contorno para delinear o conforto e o bem-estar dos suínos nas fases de crescimento e terminação, possibilitando uma classificação geral do sistema e conseqüentemente ser utilizado como ferramenta de controle do ambiente térmico em instalações comerciais de produção.