



## ÍNDICE FUZZY PARA O CONFORTO TÉRMICO DE SUÍNOS NA FASE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO COM BASE NA TEMPERATURA SUPERFICIAL E FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

**Daiane Cecchin<sup>1</sup>, Alessandro Torres Campos<sup>2</sup>, Leonardo Schiassi<sup>3</sup>, Vasco Manuel Fitas Da Cruz<sup>4</sup> & Francine Aparecida Sousa<sup>5</sup>**

**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.

**PALAVRA-CHAVE:** ambiência térmica, instalações para suínos, modelagem *fuzzy*

### THERMAL COMFORT FUZZY INDEX OF PIGS IN GROWING AND FINISHING 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 fuzzy theory to predict the surface temperature and respiratory rate of pigs in function of their age and the temperature and humidity index (THI). Pigs were observed in the growth-finishing phase. The data of the thermal environment (THI) and physiological responses (surface temperature (ST) and respiratory rate (RR)) were used in developing the fuzzy model. The age of the animals (days) and the temperature and humidity index (THI), were defined as input variables because they are variables that directly influence the physiological responses of the animals. The average standard deviation of the fuzzy model observed values was 0.61% and 1.38% for TS and FR, respectively. The highest standard deviation was 1.30% and 4.16% (for TS and RR, respectively), and the lowest standard deviation was of 0.01% and 0.14% (for TS and FR respectively). The coefficients of determination ( $R^2$ %) 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 was more suitable for respiratory response prediction than for predicting surface temperature of pigs in the growing phase, with low standard deviation and significant correlation between this variable and the data measured 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.

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense e Doutora em Engenharia Agrícola – UFLA. Email: [daianeccechin@yahoo.com.br](mailto:daianeccechin@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA. Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia – UFLA. Email: [campos@deg.ufla.br](mailto:campos@deg.ufla.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA. Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia – UFLA. Email: [leoschiassi@yahoo.com.br](mailto:leoschiassi@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Universidade de Évora – EU. Prof. Adjunto do Departamento de Ciência Rural – UE. Email: [vfc@uevora.pt](mailto:vfc@uevora.pt)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Lavras – UFLA, Doutora em Engenharia Agrícola – UFLA. Email: [francine.sousa@ymail.com](mailto:francine.sousa@ymail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura atual pode ser considerada uma das formas mais intensivas de criação. No Brasil, predomina o sistema intensivo em unidades de confinamento (BAPTISTA; BERTANI; BARBOSA, 2011; GOMES et al., 2014). O ambiente térmico no interior das instalações tem importância vital para o sucesso da atividade suinícola (VIERA et al., 2010). Em sistema de criação intensivo o ambiente influencia diretamente na condição de conforto e bem-estar dos suínos, situações de altas temperaturas ambientais podem causar alterações comportamentais, além de comprometer consideravelmente o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (ROCHA et al., 2012; RODRIGUES et al., 2012; SOUSA et al., 2012). O controle das condições ambientais na suinocultura tornou-se uma preocupação mundial, no sentido de garantir o bem-estar e maximizar a produção (VIEIRA et al., 2014).

Suínos são animais extremamente sensíveis a mudanças na temperatura ambiente, e reagem negativamente quando expostos a temperatura ambiente elevada, uma vez que possuem limitada capacidade de dissipação de calor (CARRAZZA, et al., 2011). 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). Os autores Luz et al. (2015) afirmam que em situações de estresse térmico os animais recorrem a termólise por via evaporativa. No caso dos suínos, por meio do aumento da frequência respiratória (AMARAL et al., 2014)

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 (NAZARENO et al., 2012).

A utilização de ferramentas computacionais, tais como lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais, podem propiciar o melhor entendimento de determinada problemática, esses sistemas de automação têm grande potencial de uso na agropecuária, utilizados para automatizar processos, monitorar com eficácia os sistemas, otimizar a produção e reduzir perdas. (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

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 prever o conforto térmico no interior de instalações (PONCIANO et al., 2011), parâmetros fisiológicos (NASCIMENTO et al., 2011, PONCIANO et al., 2012) e produção (SCHIASI 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 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).

## 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.

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> (8m x 9m) cada. A baia com lâmina d'água tem pé direito de 3 m, em uma das suas extremidades possui uma lamina d'água com cerca de 1 m de largura e 10 cm de profundidade, abastecida por água. A baia com piso vazado nas laterais e centro possuía fechamentos nas laterais de cordoalhas e pé direito de 3 m, a baia com piso vazado nas extremidades possuía fechamentos nas laterais de alvenaria.

A temperatura superficial dos animais foi determinada em três horários (09:00, 12:00 e 15:00 h) 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 coleta 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 09:00, 12:00 e 15:00 horas, durante os dias de coleta de dados.

Os 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.

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

$$\text{ITU} = \text{tbs} + 0,36\text{tpo} + 41,2 \quad (1)$$

em que: tbs: temperatura de bulbo seco (°C); e tpo: temperatura do ponto de orvalho (°C).

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 à 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, deste 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).

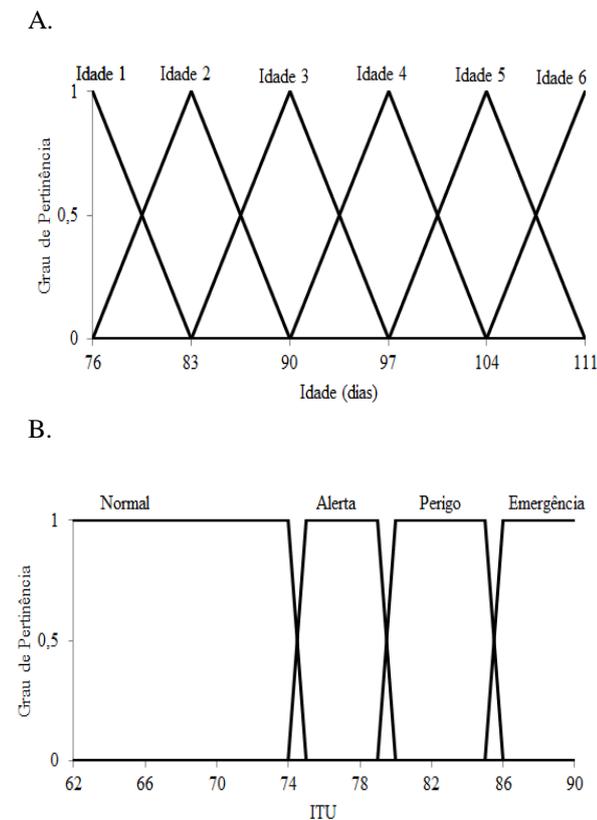
As variáveis de entrada Idade e ITU foram divididas em seis e quatro funções de pertinência, respectivamente (Tabela 1). Seus valores máximos e mínimos foram determinados de acordo com a idade dos animais durante a fase de crescimento e terminação (76 a 111 dias de vida) e com base nos dados térmicos observados durante o período de avaliação de campo (ITU de 60 a 85) e classificados segundo adaptação das Diretrizes para Transporte de suínos em tempo quente - PIC (Guidelines

for Hot Weather Transport of PIC Pigs) (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 Yanagi Junior et al. (2012) e Campos et al. (2013).



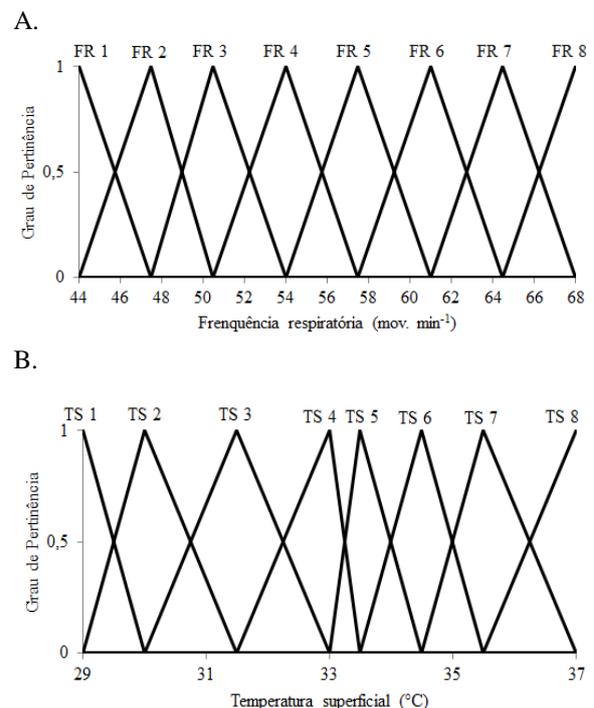
**Figura 1** - Funções de pertinência para as variáveis de entrada Idade (A) e ITU (B).

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 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).

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 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 é desejada por um especialista (Ayyub & Klir, 2006), tendo em vista sua influência direta na confiabilidade e na qualidade dos resultados.

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 (Schiassi et al., 2012).

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

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
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. Estes 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

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

FR: Frequência média, TS: Temperatura superficial

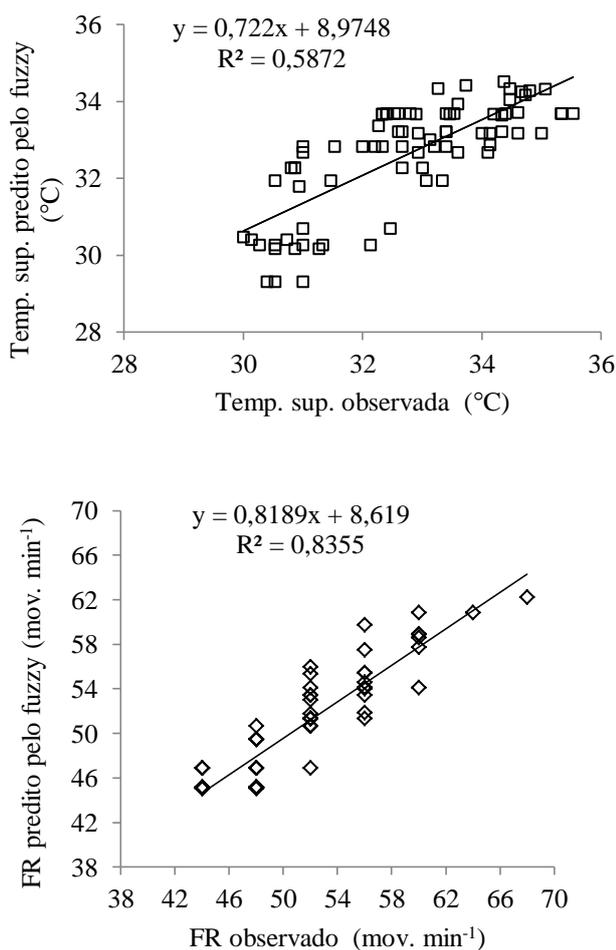
Schiassi et al. (2015) trabalhando com modelagem *fuzzy* no desempenho de frangos de corte obtiveram desvios padrão médios das variáveis consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de 4,15 g; 3,10 g e 0,03 g g<sup>-1</sup>, respectivamente correspondendo aos erros percentuais 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 Schiassi et al (2015), Ponciano et al.(2012) e Campos et al. (2013) 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 pode ser explicada 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 Schiassi et al. (2015), Ponciano et al. (2012), Campos et al. (2013) 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 trabalha-se com animais.

A variação da temperatura superficial é alta, podendo variar conforme o sistema de criação (Nazareno et al., 2012), a raça, 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, 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 prever 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.

## 5 REFERÊNCIAS

AMARAL, P. I. S.; FERREIRA, R. A.; PIRES, A. V. FONSECA, L. S. GONÇALVES, S. A.; SOUZA, G. H. C. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. **Journal Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v. 2, n. 2, p. 54-59, 2014.

- AYYUB, B. M.; KLIR, G. J. **Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences**. Boca Raton: Chapman & Hall, 2006. 378 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9781420011456>.
- BAPTISTA, R. I. A. A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1823-1830, 2011.
- CAMPOS, A. T.; CASTRO, J. O.; SCHIASSI, L.; YANAGI JR, T.; PIRES, M. F. Á.; MATTIOLI, C. C. Prediction of free-stall occupancy rate in dairy cattle barns through fuzzy sets. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1079-1089, Nov./Dec. 2013.
- CASTRO, J. D. O.; VELOSO, A. V.; YANAGI JUNIOR, T.; FASSANI, E. J.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T. Estimate of the weight of japanese quail eggs through fuzzy sets theory. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n.1, p. 108-116, 2012.
- CARRAZZA, L. G.; THAÍ S CARRAZZA, T. G.; SANT'ANA, D. S.; OLIVEIRA, M. T.; ALVES, L. R. Qualidade do sêmen em suínos submetidos ao estresse pelo calor: revisão de literatura. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 23, p.1143-1149, 2011.
- CORNELISSEN, A. M. G.; BERG, J. V. D.; KOOPS, W. J.; KAYMAK, U. Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management, 2002. Report, ERS-2002-108-LIS. Disponível em: <[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=371055](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=371055)>. Acesso em: 04 abr. 2015.
- GOMES, L. P.; PERUZATTO, M.; SANTOS, V. S. D.; SELBITTO, M. A. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suinícolas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 143-154, 2014.
- LUZ, C. S. M.; FONSECA, W. J. L.; VOGADO, G. M. S.; FONSECA, W. L.; OLIVEIRA, M. R. A.; SOUSA, G. G. T.; FARIAS, L. A.; SOUSA JÚNIOR, S. C. Adaptive thermal traits in farm animals. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 6-11, 2015.
- NASCIMENTO, G. R. D.; PEREIRA, D. F.; NÄAS, I. D. A.; RODRIGUES, L. H. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 219-229, 2011.
- NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; NUNES, M. L. A.; CASTRO, A. C.; MIRANDA, K. O. S.; TRABACHINI, A. 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.; 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, 2012.
- PIC. Guidelines for hot weather transport of pic pigs. Cidade: Editora, 2015. 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: dia jun. 2015.
- PONCIANO, P. F., LOPES, M. A., YANAGI JUNIOR, T., FERAZ, G. A. S. 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.; YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T.; NASCIMENTO, J. W. B. 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, 2012.
- ROCHA, J. S.; SILVA, A. S.; BRITO, M. A.; SILVA, T. P. D.; PEREIRA, A. M. 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.
- RODRIGUÊS, N. E. B.; TADEU FILHO, E.; ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V.S.; RODRIGUES, P. B.; RODRIGUES FILHO, M.; GOMIDE, E. M.; BETARELLI, R. P. Reduction in the protein level and addition of oil in diets for finishing pugs under different temperatures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 8, 1878-1883, 2012.
- SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F. A.; SARAZ, O.; ALEXANDER, J.; SILVA MACHADO, N. Fuzzy modeling applied to the welfare of poultry farms workers. **Dyna**, Medellín, v. 79 n. 174, p. 127-135, 2012.
- SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; REIS, G. M.; ABREU, L. H, P.; CAMPOS, A.T.; CASTRO, J. O. Modelagem *Fuzzy* aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, p. 140-146, 2015.
- SOERENSEN, D. D.; PEDERSEN, L.J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Londres, v. 57, n. 1, p. 1-11, 2015.
- SOUSA, M. S; FERREIRA, S. A.; TINÔCO, I. F.; PIRES, L. C. Bem estar e comportamento lactacional de porcas alojadas em diferentes tipos de maternidades durante o inverno<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 126-131, Dez. 2012.

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

VIEIRA, R. F. N.; SILVA, K. O.; MELLO, S. P.; MARTINS, J. R. 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.

VIEIRA, P. B.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; ANTUNES, R. C.; SILVA, N. A. M.; SANTOS, D. B.; ZANARDO, J. A. Características termorreguladoras no início da gestação e índices reprodutivos de matrizes suínas de diferentes ordens de parto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1183-1191, July/Aug. 2014.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ABREU, L. H. P.; BARBOSA, J. A.; CAMPOS, A. T. Procedimento fuzzy aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 423-434, 2012