

APLICAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE DEFUZZIFICAÇÃO PARA PREDIÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DE FRANGOS DE CORTE

MARCELO BAHUTI¹, TADAYUKI YANAGI JUNIOR², LUCAS HENRIQUE PEDROZO ABREU³, DIAN LOURENÇONI⁴

¹ Graduando em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, marcelo_bahuti@hotmail.com

² Eng. Agrícola, Prof. Dr., Bolsista CNPq, Brasil (nº do Processo: 307746/2014-3), Depto.de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, yanagi@deg.ufla.br

³ Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto.de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, lucas.abreu@deg.ufla.br

⁴ Doutorando em Eng. Agrícola, Depto.de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, dlourenconi@hotmail.com

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A temperatura superficial das aves é um importante indicativo de conforto térmico que varia em função das condições climáticas de confinamento. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho, comparar diferentes métodos de defuzzificação em sistemas *fuzzy* para predição da temperatura superficial em frangos de corte. Foram utilizadas 240 aves confinadas em túneis de vento climatizados, em diferentes temperaturas do ar (24, 27, 30 e 33 ° C) e durações da exposição térmica (1, 2, 3 ou 4 dias) na segunda semana de vida, sendo essas variáveis consideradas como de entrada para o sistema *fuzzy*. Os dados de temperatura superficial, variável de saída do sistema *fuzzy*, foram mensurados por meio de termografia infravermelha. No desenvolvimento dos sistemas *fuzzy* adotou-se o método de inferência de Mamdani, sendo elaboradas 20 regras e aplicados 5 métodos de defuzzificação (centroide, bisettriz, média dos máximos, maior dos máximos e menor dos máximos). Os menores erros de predição da temperatura superficial foram obtidos nos sistemas *fuzzy* que usaram os métodos de defuzzificação bisettriz e centroide, respectivamente. Os métodos média dos máximos, maior dos máximos e menor dos máximos apresentaram respostas similares.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema *fuzzy*, termografia, avicultura de corte

APPLICATION OF DIFFERENT DEFUZZIFICATION METHODS TO PREDICT SURFACE TEMPERATURE OF BROILERS

ABSTRACT: The surface temperature of the birds is an important indication of thermal comfort that varies according to the climatic conditions of confinement. Therefore, the goal of the present work was to compare different defuzzification methods in fuzzy systems to predict surface temperature of broiler chickens. Two-hundred forty birds reared in acclimatized wind tunnels, under different air temperatures (24, 27, 30 e 33 ° C) and thermal exposition duration (1, 2, 3 and 4 days) in the second week of life were used. Both variables were considered as an input for the fuzzy system. Surface temperature data, output variable of the fuzzy system, were measured through infrared thermography. Mamdani inference method was used to develop the fuzzy system, with 20 rules and applying 5 defuzzification methods (centroid, bisector, mean of maxima, largest of maxima and smallest of maxima). The smallest prediction errors were obtained by the fuzzy systems that used bisector and centroid methods,

respectively. Mean of maxima, largest of maxima and smallest of maxima methods presented similar response.

KEYWORDS: Fuzzy system, thermography, broiler chickens

INTRODUÇÃO: A criação de frangos de corte em um ambiente favorável ao seu desenvolvimento é fundamental para atingir índices produtivos da avicultura atual, tendo em vista que o objetivo é alcançar alta produtividade em espaço físico e tempo relativamente reduzidos. Como nos primeiros dias de vida os pintinhos não possuem capacidade de regular a temperatura do corpo devido ao não amadurecimento do sistema de termorregulação, sua temperatura corporal sofre variações de acordo com a temperatura ambiente (PONCIANO et al., 2012). Com isso, o aumento na temperatura superficial pode servir como resposta fisiológica da ave a condições inadequadas de alojamento em função de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e carga térmica radiante (SANTOS et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2011). Assim, para obter a máxima resposta do potencial genético da ave é imprescindível o controle do ambiente térmico para o conforto do animal (ABREU et al., 2015). Neste contexto, a aplicação da lógica *fuzzy* é uma alternativa para auxiliar na previsão do índice de bem-estar, sendo utilizada em pesquisas para controle de respostas fisiológicas e produtivas dos frangos de corte (SCHIASI et al., 2014). Diante desse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo comparar modelos desenvolvidos a partir da lógica *fuzzy* considerando diferentes métodos de defuzzificação para predição da temperatura superficial em frangos de corte, sobre condições de estresse térmico durante a segunda semana de vida.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi dividida em duas fases, primeiramente, foi coletado o desempenho de frangos de corte submetidos ao estresse térmico na segunda semana de vida, e logo após foram desenvolvidos sistemas *fuzzy* para predizer o desempenho destes animais. Foram utilizados 240 frangos da linhagem *Cobb*, divididas em quatro baterias e cada bateria contendo quatro tuneis de vento climatizados, possuindo uma gaiola cada, no qual haviam, durante os sete primeiros dias de vida, quinze aves. Com o início da segunda semana de criação, três aves de cada gaiola eram retiradas, e assim também no início da terceira semana, a fim de respeitar a densidade de criação recomendada para a espécie (COBB, 2014). Em cada bateria foram avaliadas uma temperaturas do ar (33, 30, 27 ou 24 °C) a partir do oitavo dia de vida, tendo os seus limites inferior e superior extrapolados para gerar condições de desconforto por baixas temperaturas (27 °C e 24 °C) e altas temperaturas (33 °C). Antes e após o período de duração de exposição ao estresse (1, 2, 3 ou 4 dias) a temperatura do ar era mantida na faixa recomendada de termoneutralidade, ou seja, 33°C e 30°C, na primeira e na segunda semana de vida, respectivamente. A umidade relativa e velocidade do ar foram fixadas em 60% e 0,2 m s⁻¹, respectivamente. Além disso, a exposições a luz foram com intensidades equivalentes a 25, 10 e 5 lux para primeira, segunda e terceira semana de criação, respectivamente. Para realização da quantificação e coleta dos dados de temperatura superficial das aves, para posterior elaboração do modelo de predição, foi utilizado a termografia infravermelha com o auxílio da câmera termográfica, de modo que diariamente as gaiolas eram fotografadas de forma a permitir ampla visão e abrangência de todos animais. Realizada a escolha de 3 aves de cada imagem termográfica, e a partir do delineamento da área superficial dessas, foi quantificada a temperatura superficial média. O desenvolvimento do modelo de inteligência artificial para predição teve como variáveis de entrada as temperaturas de bulbo seco do ar e as durações do estresse, gerando a partir de suas combinações 20 regras sobre a inferência de Mamdani (1974), em que foram simuladas as

respostas fisiológicas a partir de todos os métodos de defuzzificação (centroide, bissetiz, média dos máximos - mom , maior dos máximos - lom, e menor dos máximos - som) para subsequente comparação através de indicadores estatísticos. Utilizando funções de pertinência do tipo triangular, foram delimitados os intervalos de cada variável de entrada, conforme a Tabela 1. As curvas da variável saída que compõem a base para predição da temperatura superficial estão representadas da Figura 1.

TABELA 1. Conjuntos de intervalos para as variáveis de entrada.

Temperaturas de bulbo seco do ar (°C)				Durações do estresse (dias)				
T1	T2	T3	T4	D0	D1	D2	D3	D4
[24;27]	[24;30]	[27;33]	[30;33]	[0;1]	[0;2]	[1;3]	[2;4]	[3;4]

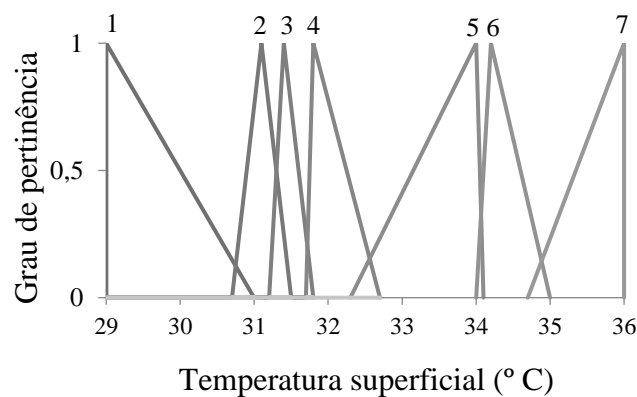


FIGURA 1. Funções de pertinência para a variável saída temperatura superficial de frangos de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores preditos para temperatura superficial dos frangos de corte foram comparados com os valores coletados experimentalmente nos tuneis climatizados e os indicadores estatísticos para comparação estão listados na Tabela 2.

TABELA 2. Comparativo entre defuzzificações da inferência de Mamdani para predição da temperatura superficial.

Indicadores	Defuzzificação				
	Centroide	bissetriz	mom	lom	Som
Desvio padrão	0,1345	0,1338	0,1434	0,1434	0,1434
Erro percentual	0,5820	0,5806	0,6182	0,6182	0,6182
Erro absoluto	0,1903	0,1892	0,2028	0,2028	0,2028
R²	0,9789	0,9778	0,9846	0,9846	0,9846
RMSE	0,2179	0,2183	0,2417	0,2417	0,2417

A análise do comparativo entre as defuzzificações mostra similaridade entre os métodos mom, lom e som por apresentarem valores iguais para todos os indicadores, mesmo esses métodos utilizando princípios diferentes para determinação dos valores de saída. Esses três tipos de defuzzificação foram os que apresentaram os melhores valores de coeficientes de

determinação (R^2) equivalentes a 0,9846. Por sua vez o método do centroide apresentou o menor valor para raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), no qual foi de 0,2179. Entretanto, por apresentar melhores resultados em três indicadores, a defuzzificação pela bissetriz da área foi superior aos outros métodos, obtendo resultados para desvio padrão, erro percentual e erro absoluto de 0,1338; 0,5806 e 0,1892, respectivamente. Esses resultados indicam a necessidade de se testar outros métodos de defuzzificação a fim de minimizar os desvios, mesmo que, os erros de predição sejam baixos, como aqueles obtidos por diversos autores, como Ponciano et al. (2012), que utilizaram o centro de gravidade.

CONCLUSÕES: A aplicação da lógica *fuzzy* na avaliação da temperatura superficial de frangos de corte submetidos a diferentes intensidades e durações de estresse térmico, durante a segunda semana de vida, fornece informações para o correto manejo das aves, visando o melhor controle do ambiente térmico e auxílio à tomada de decisão. Além disso, houve diferença entre os modelos de defuzzificação presentes na inferência de Mamdani, necessitando assim, avaliação do melhor enquadramento entre as curvas de pertinência para predição, visando acurácia dos dados.

AGRADECIMENTOS: Os autores expressam os seus agradecimentos a CAPES ao CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro à esta pesquisa.

REFERÊNCIAS: ABREU, L. H. P.; YANAGI JUNIOR, T.; FASSANI, E. J.; CAMPOS, A. T.; LOURENÇONI, D. Fuzzy modeling of broiler performance, raised from 1 to 21 days, subject to heat stress. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 6, p. 967-978, 2015.

COBB. Manual de Manejo de Frangos de corte. **Cobb-Vantress**, 70p. 2014.

MAMDANI, E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. **Electrical Engineers, Proceedings of the Institution of**, v. 121, n. 12, p. 1585-1588, 1974.

NASCIMENTO, G. R.; PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I. A.; RODRIGUES, L. H. A. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.219-229, mar./abr. 2011.

PONCIANO, P. F.; YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T.; NASCIMENTO, J. D. 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, jun. 2012.

SANTOS, P. A.; BAETA, F. C.; TINÔCO, I. D. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 172-180, 2009.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F. A.; SARAZ, J. A. O.; AMARAL, A. G. Thermal-Acoustic Comfort Index for Workers of Poultry Houses Using Fuzzy Modeling. **International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)**, v.4, n.9, p.60-64, set. 2014.