

**ESTIMATIVA DE PADRÃO DE CONFORTO AMBIENTAL PARA LEITÕES NA
MATERNIDADE DE SUÍNOS USANDO LÓGICA *FUZZY***

JAQUELINE DE OLIVEIRA CASTRO¹, LEONARDO SCHIASSI², PATRÍCIA FERREIRA
PONCIANO³, TADAYUKI YANAGI JUNIOR⁴, ALESSANDRO TORRES CAMPOS⁵, HUGO
CESAR TADEU⁶

RESUMO

Um sistema de inferência *fuzzy* foi desenvolvido, com o objetivo de se prever o bem-estar de leitões na maternidade. O sistema *fuzzy* foi estruturado com base em duas variáveis de entrada: temperatura de bulbo seco (t_{bs} , °C) e nível de ruído (dB), sendo que a variável de saída considerada foi: índice de conforto de leitões. A inferência *fuzzy* foi realizada por meio do método de Mamdani, que constituiu na elaboração de 15 regras e a defuzzificação por meio do método de Centro de Gravidade. O sistema proposto mostrou-se promissor para, dentro de cenários de atributos do ambiente térmico e acústico pré-determinados, estimar o conforto de leitões com relação a t_{bs} e nível de ruído em salas de maternidade, podendo ainda ser usado na tomada de decisão a fim de se reduzir ou eliminar as fontes consideradas estressoras aos animais.

Palavras-chave: Conforto Ambiental; Maternidade de suínos; Modelagem *fuzzy*; Ruído

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, a produção de suínos no Brasil começou a ser realizada em sistemas de confinamento, objetivando-se melhorar o controle sanitário, reduzir a perda energética dos animais e aumentar a produtividade. Desde então, estudos começaram a ser realizados no intuito de se conhecer a interação animal-ambiente-instalação e otimizar o sistema produtivo (SAMPAIO et al., 2007). O ambiente de criação intensivo possui influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, promovendo a manutenção do balanço térmico no interior das instalações, na qualidade química do ar e na expressão de seus comportamentos naturais, afetando o desempenho produtivo dos suínos (PANDORFI et al., 2007). Em condições tropicais, o desconforto térmico é frequente, constituindo-se um dos principais problemas da moderna suinocultura (SILVA et al., 2007).

Um dos maiores desafios relacionados ao conforto térmico e bem-estar animal, encontra-se na maternidade, na qual se têm dois ambientes distintos a serem avaliados, com exigências bem diferenciadas (PANDORFI et al., 2004), um para matrizes e outro para leitões. Os leitões não sofrem estresse por condições tropicais, entretanto, são fortemente afetados por condições abaixo das exigidas para seu conforto, 28°C a 30°C (SILVA, 1999). Como revisado por FERREIRA et al. (2007), o leitão recém-nascido, apesar de ser neurologicamente desenvolvido, ainda é fisiologicamente imaturo e algumas mudanças importantes ocorrem no início de sua vida, habilitando-o para a sobrevivência. Essas mudanças ocorrem principalmente nas primeiras semanas de vida, quando seu sistema termorregulatório ainda é ineficiente pra manter eficazmente sua homeotermia.

A fonte de calor e o controle do ambiente na maternidade são fatores que determinarão o desempenho dos leitões dentro da suinocultura. Evitando-se o estresse por frio é possível garantir o desenvolvimento satisfatório desses animais. Portanto, fornecer o ambiente adequado deve ser uma das maiores preocupações dos produtores.

Para melhor avaliar o ambiente de produção animal, têm-se buscado o auxílio de métodos inovadores, ferramentas não invasivas de avaliação e controle do bem-estar em ambiente confinado. Dentre os diferentes mecanismos de avaliação, desponta como tecnologia inovadora de indicativo comportamental os registros e estudos dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais (BORGES et al., 2010).

¹ Doutoranda em Engenharia Agrícola, DEG/ UFLA, jaqueline.oliveiracastro@yahoo.com.br

² Mestrando em Engenharia de Sistemas, DEG/ UFLA, leoschiassi@yahoo.com.br

³ Mestranda em Engenharia Agrícola, DEG/UFLA, patyponciano@yahoo.com.br

⁴ Professor Associado, DEG/UFLA, yanagi@deg.ufla.br

⁵ Professor Adjunto, DEG/UFLA, atcampos3@yahoo.com.br

⁶ Graduando em Agronomia, DAG/UFLA, cesarestoque@hotmail.com

As metodologias matemáticas até então utilizadas, não se mostraram atrativas para descrever a interação adequada das variáveis envolvidas na ambiência animal, devido ao grande número de informações existentes para a determinação das condições adequadas para o bem estar dos animais. Nesse sentido, a aplicação dos conhecimentos da teoria dos conjuntos *fuzzy* mostra-se inovadora, pois é uma teoria matemática aplicada a conceitos difusos. A teoria *fuzzy* ao invés de utilizar números, ela tem como base a utilização de variáveis lingüísticas, palavras ou sentenças, as quais desempenham papel importante no tratamento da imprecisão. Trata-se de uma metodologia interessante na tomada de decisão, possibilitando, o controle do ambiente térmico no interior de galpões para produção de suínos AMENDOLA et al. (2004).

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho, desenvolver um modelo baseado na teoria dos conjuntos *fuzzy* para a predição do bem estar de leitões.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a estimativa de situações com alto grau de aleatoriedade, como o bem-estar, baseada em análise empírica de medidas fisiológicas, pesquisas apontam o potencial do uso de critérios específicos em uma base de conhecimento prévio, utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, usada na área de sistemas de suporte à decisão, que se caracterizam pela incerteza existente entre as afirmações de “sim” e “não” (AMENDOLA et al., 2004). Para o desenvolvimento do sistema *fuzzy*, foram definidas como variáveis de entrada: temperatura de bulbo seco (t_{bs} , °C) e o nível de ruído (dB). Com base nas variáveis de entrada, o sistema *fuzzy* prediz o índice de conforto de leitões (ICL), avaliando o nível de bem-estar dos animais por meio das variáveis térmicas e acústicas do ambiente interno em salas de maternidade.

As variáveis de entrada, t_{bs} e nível de ruído, foram escolhidas por causarem desconforto aos animais e prejudicam sua alimentação e, conseqüentemente, seu desenvolvimento. Optou-se ainda por utilizar estas variáveis como entradas para o sistema devido a sua importância e disponibilidade na literatura.

Os intervalos de t_{bs} foram adotados conforme proposto por SILVA (1999) para leitões em fase de maternidade e as faixas de ruído adotadas seguiu metodologia proposta por QUEIRÓS & NÄÄS (2005) no qual determinaram faixas de conforto acústico para creche de suínos. Os conjuntos *fuzzy* das variáveis de entrada são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1- Conjuntos fuzzy para as variáveis de entrada.

Tipo de variável	Variáveis	Conjuntos fuzzy	
Entrada	Temperatura do ar (°C)	Baixa	[20 – 28]
		Conforto	[25 – 35]
		Alta	[32 – 40]
	Nível de ruído (dB)	Muito Baixo	[50 – 62]
		Baixo	[60 - 72]
		Médio	[70 - 82]
		Alto	[80 – 92]
		Muito alto	[90 – 100]

Os intervalos admitidos para as variáveis de entrada t_{bs} e nível de ruído estão graficamente representados pelas curvas de pertinência trapezoidais, por representarem melhor o comportamento dos dados de entrada e por serem as mais usadas de acordo com a literatura (YANAGI JUNIOR et al., 2006; AMARAL et al., 2008; SCHIASSI et al., 2008), conforme ilustrado na Figura 1.

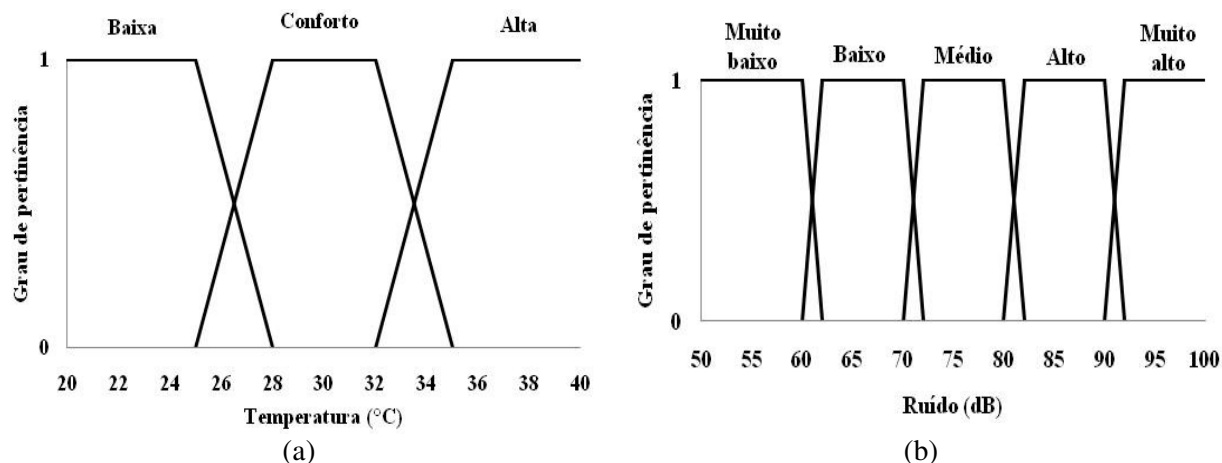


FIGURA 1- Funções de pertinência para as variáveis de entrada: (a) tbs (°C) e (b) nível de ruído (dB).

A variável de saída ICL, usada na construção do sistema *fuzzy*, permite a indicação direta do nível de conforto para leitões em maternidade. Seus conjuntos estabelecem intervalos no domínio de [0,1], classificados segundo o mesmo conceito para creche de suínos, pelos termos muito ruim, ruim, médio, bom e muito bom, de acordo com QUEIROS & NÄÄS (2005). Desta forma, os seguintes conjuntos *fuzzy* foram especificados, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2- Intervalo dos conjuntos *fuzzy* índice de conforto de leitões (ICL)

Conjuntos <i>fuzzy</i>	Intervalo
Muito ruim	[0; 0,25]
Ruim	[0; 0,50]
Médio	[0,25; 0,75]
Bom	[0,50; 1,0]
Muito bom	[0,75; 1,0]

Os intervalos adotados para a variável de saída ICL foram caracterizados por curvas de pertinência do tipo triangular, conforme ilustrado na Figura 2.

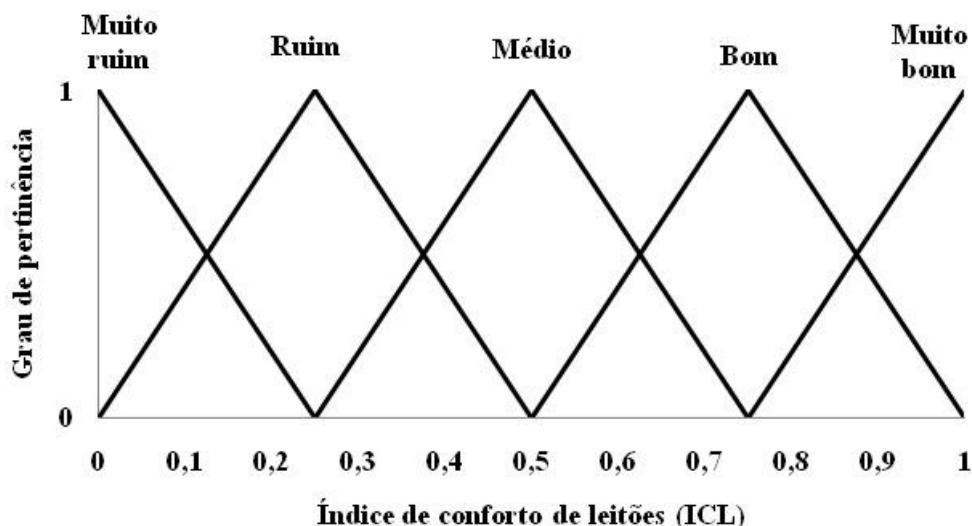


FIGURA 2- Funções de pertinência para a variável de saída índice de conforto de leitões.

O sistema de regras (Quadro 1) foi desenvolvido com base nas combinações de t_{bs} e nível de ruído, sendo que um especialista foi consultado para elaborar o resultado de saída para cada combinação dos dados de entrada. Ao final, 15 regras foram definidas, sendo que para cada regra foi atribuído um fator de ponderação igual a 1.

QUADRO 1- Composição do sistema de regras em função das características: t_{bs} e nível de ruído

t_{bs} \ Ruído	Baixa	Conforto	Alta
Muito baixo	Médio	Muito bom	Médio
Baixo	Ruim	Muito bom	Ruim
Médio	Muito ruim	Bom	Muito ruim
Alto	Muito ruim	Médio	Muito ruim
Muito alto	Muito ruim	Ruim	Muito ruim

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando novos sistemas computacionais são criados com o intuito de dar suporte a decisões, faz-se necessário adotar medidas que analisem o poder descritivo do novo sistema criado. Tais medidas servem, por exemplo, para avaliar a eficiência de um sistema em gerar respostas sobre a classificação de bem-estar que estejam muito próximas da realidade. Desta forma, quando um sistema de modelagem matemática é desenvolvido, é importante que se avalie o poder classificatório do sistema, neste caso, o poder em se classificar o ambiente termo-acústico para leitões em salas de maternidade.

A superfície apresentada na Figura 3 ilustra a interação entre t_{bs} e o nível de ruído afetando o conforto de leitões.

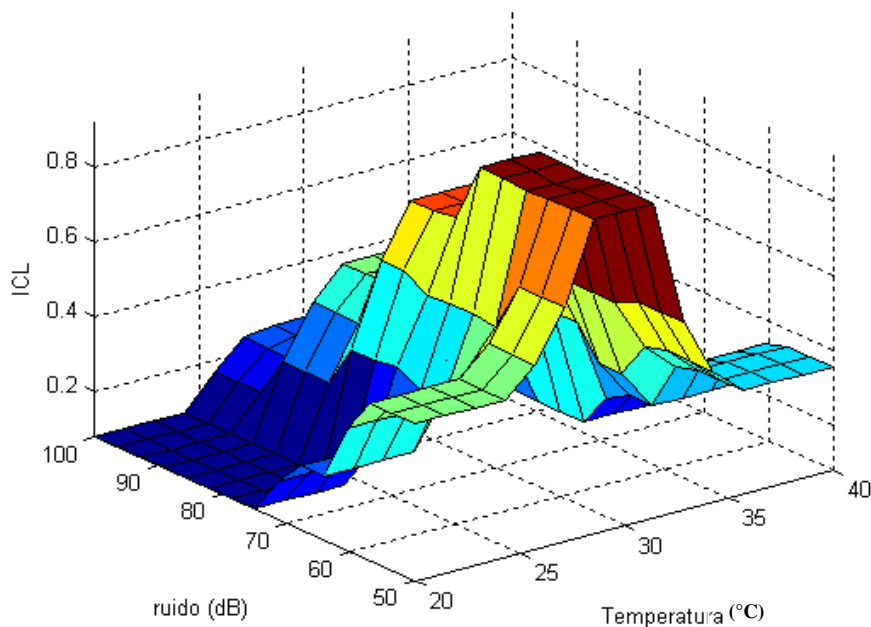


FIGURA 3 - ICL simulado em função da t_{bs} e nível de ruído.

As depressões na Figura 3 indicam a faixa onde o conforto é baixo. Considerando que esta condição implicaria na tomada de alguma decisão, o sistema *fuzzy* poderia ser acionado para emitir um sinal de alerta, evitando desta forma, a exposição do animal ao ambiente prejudicial.

Os picos indicam que o conforto é alto para as variáveis consideradas. Dentro da região de altos valores de conforto para leitões, não é necessário nenhuma ação externa para melhorar o ambiente da maternidade.

CONCLUSÃO

Um índice de conforto termo-acústico para leitões (índice de conforto) foi proposto baseado na metodologia *fuzzy* e utilizando as variáveis de entrada: temperatura de bulbo seco (t_{bs} , °C) e o nível de ruído (dB). Esta metodologia mostrou ser adequada para tratar problemas relativos a incertezas, como o conforto em salas de maternidade.

O sistema proposto mostrou-se promissor para, dentro de cenários de atributos do ambiente térmico e acústico pré-determinados, estimar o conforto de leitões com relação à t_{bs} e nível de ruído em salas de maternidade, podendo ainda ser usado na tomada de decisão a fim de se reduzir ou eliminar as fontes consideradas estressoras aos animais.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AMARAL, A.G.; SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; GOMES, R. C. C.; FERREIRA, L. 2008. Modelagem fuzzy aplicada ao desenvolvimento do índice de bem-estar humano (IBH) em granjas avícolas. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 17, 2008, Lavras - MG. Anais... APG/UFPA.

AMENDOLA, M.; CASTANHO, M. J.; NAAS, I.; SOUZA, A. L. Análise matemática de condições de conforto térmico para avicultura usando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Biomatemática*, v.14, n.1, p.87-92, 2004.

BORGES, G.; MIRANDA, K. O. S.; RODRIGUES, V. C.; RISI, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3, p.377-385, 2010.

FERREIRA, R. A.; CHIQUIERI, J.; MENDONÇA, P. P.; MELO, T. V.; CORDEIRO, M. D. SOARES, R. T. R. R. N. Comportamento e parâmetros fisiológicos de leitões nas primeiras 24 horas de vida. *Ciência e Agrotecnologia*. v.31, n.6, p.1845-1849, 2007.

Pandorfi, H.; Silva, I. J. O.; Moura, D. J.; MOURA, D. J.; Sevegnan, K. B. N. Análise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.274-284, 2004.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; GUISELINI, C.; PIEDADE, S. M. S. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.83-92, 2007.

QUEIRÓS, M. P. G.; NÄÄS, I. A. Estimativa de padrão de conforto ambiental para creche de suínos usando lógica fuzzy. In: V Congresso Brasileiro de Agroinformática, SBI-AGRO. Londrina, 2005. Anais... Londrina, SBI-AGRO.

SAMPAIO, C. A. P.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D. D.; QUEIRÓS, M. P. G. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.4, p.436-440, 2007.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, L.; DAMASCENO, F. A.; YANAGI, S. N. M. Metodologia fuzzy aplicada à avaliação do aumento da temperatura corporal em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, v. 16, n. 2, p. 181-191, 2008.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

SILVA, I. J. O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. São Paulo, 1999. Anais. São Paulo: Gessuli, 1999. p.108-121.

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, v.11, n.3, p.339-344, 2007.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R.S.; FERREIRA, L. Fuzzy logic model to predict laying hen body temperature rise during acute heat stress. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBEA, 2006.