
PREDIÇÃO DE PARÂMETROS TÉRMICOS AMBIENTAIS NO INTERIOR DE MODELOS FÍSICOS EM ESCALAS REDUZIDAS DE GALPÕES AVÍCOLAS

Rolf Jentzsch, Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinoco, Flávio Alves Damasceno, Paulo Roberto Cecon e Jairo Alexander Osório Saraz

RESUMO

O uso de modelos reduzidos tem sido uma alternativa para a avaliação do desempenho térmico de edificações. A sua utilização requer, entretanto o entendimento claro dos princípios de similitude que regem a relação entre o protótipo e o modelo. Considerando a importância do uso de modelos reduzidos no estudo do conforto térmico na criação de aves, objetivou-se com o presente trabalho, testar em um galpão comercial de recria de matrizes pesadas e três modelos reduzidos construídos em diferentes escalas (1:4, 1:8 e 1:12), a validade das re-

lações propostas e determinar a escala de redução ideal para este tipo de experimento, onde o conforto térmico foi avaliado por meio do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR). Com base nos resultados, pode-se concluir que, para as condições de operação e critérios de projeto estabelecidos, utilizando o ITGU e a CTR como índices térmicos ambientais de instalações agrícolas, é possível prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes.

Introdução

Dentre os fatores ambientais, os que caracterizam o ambiente térmico estão entre aqueles de maior influência sobre a produtividade animal. Diante disso, é fundamental o conhecimento das condições

climáticas do local da edificação, ou agentes ambientais, para o planejamento e execução de um projeto.

Entre os meios disponíveis para o controle do ambiente térmico encontram-se, desde os mais simples, como a geometria e orientação do abrigo,

uso de cortinas e lanternim, até os mais sofisticados com novos materiais de construção e utilização de ventiladores e painéis porosos para o resfriamento adiabático evaporativo. A escolha de quais meios serão utilizados depende dos critérios de desempenho esta-

belecidos para o projeto. Uma vez definido o projeto do abrigo, é necessário testar o seu desempenho, o que pode ser feito de duas maneiras: testes em protótipos em escala natural ou em modelos reduzidos. O uso de modelos físicos construídos em escala reduzida

PALAVRAS CHAVE / Avicultura / Conforto Térmico / Modelos Reduzidos /

Recebido: 25/03/2010. Modificado: 08/09/2011. Aceito: 12/09/2011.

Rolf Jentzsch. Agrônomo e Doutor em Engenharia Agrícola. UFV, Brasil. Professor, UFV, Brasil. e-mail: jentzsch@ufv.br
Fernando da Costa Baeta. Agrônomo, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. Ph.D. em Engenharia Agrícola, Missouri University, EEUU. Professor, UFV, Brasil. Endereço: Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. Av. P.H. Rolfs, s.n., Centro,

CEP: 36571-000, Viçosa (MG), Brasil. e-mail: baeta@ufv.br
Ilda de Fátima Ferreira Tinoco. Engenheira Agrícola Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil. Mestre em Engenharia Agrícola, UFV, Brasil. Doutora em Ciência Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. Professora, UFV, Brasil. e-mail: iftinoco@ufv.br

Flavio Alves Damasceno. Engenheiro Agrícola e Mestre em Construções e Ambiente, UFLA, Brasil. Doutorante em Construções Rurais e Ambiente, UFV, Brasil. e-mail: flavio.damasceno@ufv.br
Paulo Roberto Cecon. Agrônomo e Mestre em Genética e Melhoramento, UFV, Brasil. Doutor em Estatística, Universidade de São Paulo, Bra-

sil. Professor, UFV, Brasil. e-mail: cecon@ufv.br
Jairo Alexander Osório Saraz. Engenheiro Agrícola e Mestre em Engenharia de Materiais e Processos, Universidad Nacional de Colombia. Doutorante em Engenharia Agrícola, UFV, Brasil. Professor, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. e-mail: aosorio@unal.edu.co

PREDICTION OF ENVIRONMENTAL THERMAL PARAMETERS INSIDE REDUCED SCALE PHYSICAL MODELS OF POULTRY HOUSINGS

Rolf Jentsch, Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Flávio Alves Damasceno, Paulo Roberto Cecon and Jairo Alexander Osório Saraz

SUMMARY

The use of reduced models has been an option to evaluate the thermal performance of buildings. However, its use demands a clear understanding of the resemblance principles on which the relation of the prototype and model are based. Considering the importance of the use of reduced models for the study of thermal comfort in poultry breeding, this work aimed to test, in a commercial poultry breeding facility, three reduced models (1:4, 1:8 and 1:12) so as to validate the proposed rela-

tions and to find the ideal scale for this kind of experiment. Thermal comfort was evaluated through the black globe humidity index (BGHI) and the thermal heat load (THL). Under the operation conditions and using the criteria established in the project, using BGHI and THL as thermal environmental indices on agricultural installations, it is possible to predict the thermal environmental conditions of prototypes based on models 12 times smaller.

PREDICCIÓN DE PARÁMETROS TÉRMICO AMBIENTALES EN EL INTERIOR DE MODELOS FÍSICOS A ESCALA REDUCIDA DE INSTALACIONES AVÍCOLAS

Rolf Jentsch, Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Flávio Alves Damasceno, Paulo Roberto Cecon y Jairo Alexander Osório Saraz

RESUMEN

El uso de modelos a escala reducida ha sido una alternativa para evaluar el rendimiento térmico de los edificios. Su uso requiere, sin embargo, de una clara comprensión de los principios de la similitud que rigen la relación entre el prototipo y el modelo. Considerando la importancia de la utilización de los modelos a escala en el estudio del confort térmico en la cría de aves, el objetivo de este trabajo fue realizar pruebas en una instalación para la crianza comercial de pollos de engorde con tres prototipos a diferentes escalas (1:4, 1:8 y 1:12), y determi-

nar la validez de las relaciones propuestas y la escala ideal para este tipo de experimento. El confort térmico animal fue evaluado usando el índice de la temperatura del globo negro y de humedad (ITGU) y la carga térmica radiante (CTR). Basados en los resultados, se puede concluir que las condiciones de funcionamiento y los criterios de diseño establecidos con el ITGU y CTR como índices térmicos en las instalaciones agrícolas, es posible predecir esas condiciones térmicas ambientales con un prototipo reducido hasta 12 veces.

é uma ferramenta largamente utilizada na engenharia, porém o seu uso requer o entendimento claro dos princípios que regem a relação entre o modelo e o protótipo.

Para que o comportamento de um protótipo possa ser determinado a partir de um modelo reduzido é necessário que ambos se comportem de maneira qualitativamente similar e que uma relação quantitativa possa ser estabelecida entre eles. De acordo com Schuring (1977), os modelos em escala, atendidos determinados critérios de similitude, podem ser substituídos válidos para sistemas que, por alguma razão, não podem ser estudados em protótipos de tamanho natural. A reprodução em escala de fenômenos físicos pode ter inúmeras vantagens, como por exemplo, permitem reduzir o tempo e os custos de desen-

volvimento e adaptação de projetos.

Nesse contexto, diversas pesquisas têm sido realizadas com modelos em escala reduzida para solucionar problemas de campo e para facilitar o entendimento de diversos processos físicos, tais como, (Murphy, 1950; Pattie y Milne, 1966; Neubauer, 1972; Leal, 1981; Silva *et al.*, 1990; Guelfi Filho *et al.*, 1991; Sevegnani *et al.*, 1994; Dantas, 1995; Morães, 1999; Santos *et al.*, 2005; Ferreira Júnior *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2008). Estes estudos baseiam-se na teoria da similitude, que tem por finalidade estabelecer relações que permitam previsões reais, feitas a partir de observações em modelos reduzidos.

Para avaliar e classificar o ambiente térmico no interior de galpões reais ou de modelos físicos construídos em

escala reduzida empregam-se, comumente, o índice de temperatura do globo negro e a umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR).

O ITGU, desenvolvido por Buffington *et al.* (1981), é atualmente o índice mais adequado para prever as condições de conforto térmico em regiões quentes, em razão de incorporar a temperatura do bulbo seco (t_{bs}), umidade relativa (UR), velocidade do ar (Var) e a radiação na forma de temperatura de globo negro (t_{gn}), em um único valor, sendo calculado pela Eq. 1

$$ITGU = t_{gn} + 0,36 \times t_{po} - 330,08 \quad (1)$$

em que t_{gn} : temperatura de globo negro, K, e t_{po} : temperatura do ponto de orvalho, K.

Outro índice importante e bastante utilizado na avaliação do ambiente térmico é a CTR que, segundo Esmay (1974), pode ser determinada pela Eq. 2

$$CTR = \sigma \times (T_m)^4 \quad (2)$$

em que σ : constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$), e T_m : temperatura média radiante, calculada pela Eq. 3

$$T_m = 100 \times \left[2,51 \times V^{0,5} \times (T_{gn} - T_{bs}) + \left(\frac{T_{gn}}{100} \right)^4 \right]^{1/4} \quad (3)$$

Com base no exposto, este trabalho teve o objetivo de testar em um galpão avícola convencional e três modelos reduzidos construídos em diferentes escalas, a validade das relações propostas e determinar a escala de redução ideal para este tipo de experimento.

Material e Métodos

Os modelos físicos construídos em escalas reduzidas de galpões avícolas foram alocados na área experimental do setor de Melhoramento de Aves do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, com coordenadas geográficas de 20°45'45''S e 45°52'04''O, a 651m de altitude, no período de 10 dias consecutivos. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, clima quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e verão quente.

Construção e alocação em campo dos modelos reduzidos

Para execução deste experimento, foram construídos três modelos de galpões avícolas em escala reduzida de 1:4 (M1), 1:8 (M2) e 1:12 (M3), cujos os comprimentos correspondentes foram 3,75m, 1,88m e 1,25m, respectivamente. Na Figura 1 são ilustrados os esquemas das seções transversais dos modelos reduzidos M1, M2 e M3.

Os modelos físicos foram construídos tomando-se como base as dimensões reais de um protótipo de um galpão avícola convencional, com orientação do eixo longitudinal 75°NO, dimensões de

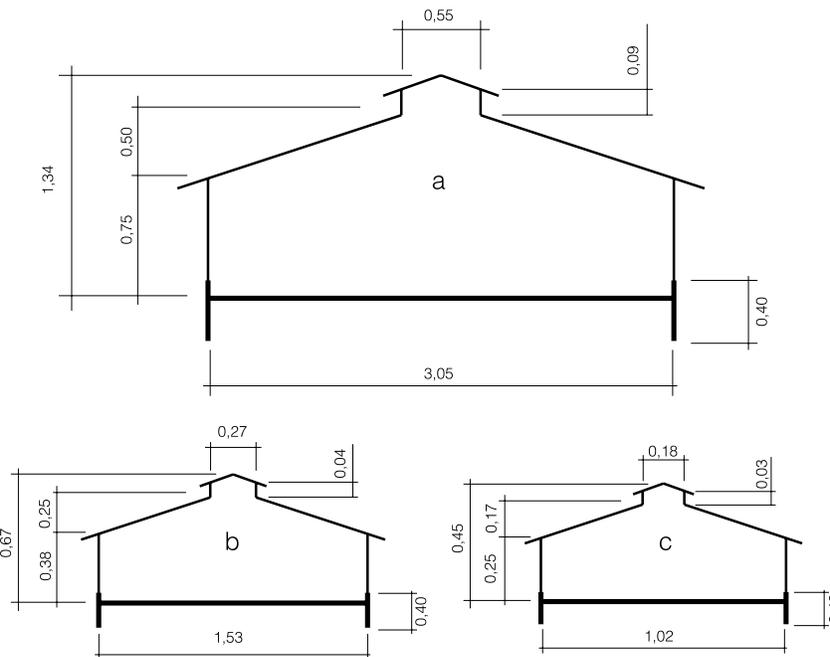


Figura 1. Esquema do corte transversal dos modelos reduzidos M1 (a), M2 (b) e M3 (c).

12,20m de vão, 147,50m de comprimento e 3,00m de pé-direito. As empenas eram de alvenaria e as laterais apresentavam uma mureta com 0,40m de altura, as aberturas laterais eram teladas e equipadas com cortina regulável, abrindo de baixo para cima. O telhado possuía cobertura de telhas de cimento amianto com inclinação de 33%, beiral com 1,50m e lanternim com largura de 2,20m e abertura vertical de 0,35m. A estrutura era metálica com distância entre tesouras de 5,00m.

Na construção dos modelos reduzidos, foram utilizadas chapas de compensado (0,01m), com estrutura de caibros de madeira maciça. Os

modelos foram pintados com três camadas de tinta acrílica branco gelo. Na cobertura dos três modelos reduzidos foram utilizadas telhas de amianto (0,005m), apoiadas em uma estrutura metálica. Na Figura 2a é ilustrado a disposição do galpão e protótipos na área experimental.

Para a execução do experimento, a cobertura da extremidade noroeste do galpão foi limpa para se assemelhar as características dos modelos (Figura 2b), proporcionando assim, uma mesma absorvidade em relação à radiação solar (α_s). A absorvidade das telhas foi determinada com o uso de um luxímetro digital ($\pm 5\%$). Os valores da absorvi-

vidade (α_s) obtidas nas telhas de cimento amianto escurecida (galpão), nova (modelos) e limpa (galpão) foram 0,88, 0,51 e 0,49, respectivamente.

Instrumentação e medições

As variáveis temperatura de bulbo seco (t_{bs}), temperatura de bulbo úmido (t_{bu}) e temperatura de globo negro (t_{gn}) foram medidas no interior dos modelos físicos construídos em escala reduzida e no ambiente externo, durante dez dias, em condição de verão e céu claro.

A t_{bs} e t_{bu} foram medidas por meio de termopar tipo T ($\pm 0,7^\circ\text{C}$).

No caso da t_{gn} , o termopar foi introduzido no interior de um globo de plástico pintado de preto fosco tornando-se assim o termômetro de globo negro fornecendo a t_{gn} . Para a confecção dos termômetros de globo negro utilizados no interior do protótipo e dos modelos físicos em escalas reduzidas foram utilizadas bolas de plástico com 0,06m de diâmetro e para o ambiente externo foi utilizado uma bola de plástico com 0,14m de diâmetro, pintadas com tinta preta fosca. Para a determinação da velocidade do ar (Var) dentro dos modelos físicos em escalas reduzidas foram utilizados três anemômetros de fio quente ($\pm 2\%$) e dentro do protótipo e no ambiente externo, foram utilizados dois anemômetros de caneco ($\pm 1\%$). Todos os sensores usados nas medições foram previamente calibrados.

Os sensores de coleta das variáveis ambientais foram instalados no interior do protótipo e modelos físicos em escala reduzida (M1, M2 e M3) às alturas de 0,48, 0,12, 0,06 e 0,04m, respectivamente, tendo como base, proporcionalmente, ao centro geométrico das aves. No ambiente externo, os dados climáticos foram coletados no

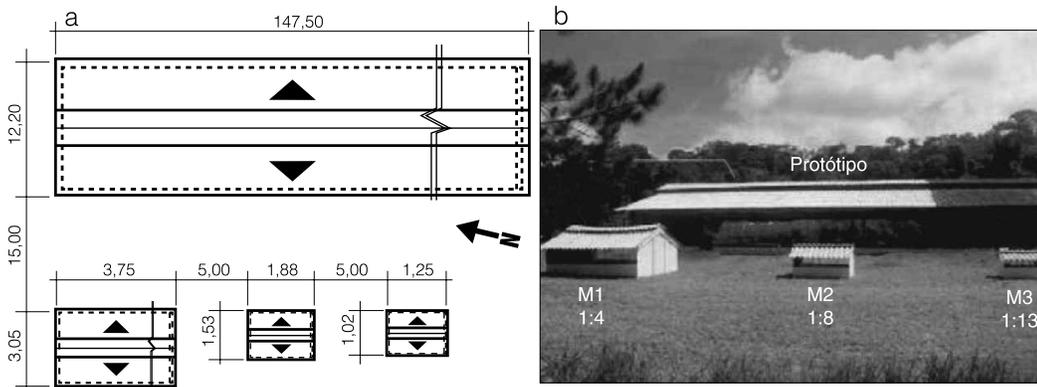


Figura 2. Esquema ilustrativo da disposição dos tratamentos em campo (a) e vista da extremidade do protótipo e dos modelos reduzidos em campo (b).

TABELA I
ANÁLISE DE VARIÂNCIAS RESUMIDA REFERENTE AO EFEITO DOS TRATAMENTOS (PROTÓTIPO E MODELOS) E AOS HORÁRIOS DE OBSERVAÇÃO, EM RELAÇÃO A TEMPERATURA DE BULBO SECO (T_{BS}), ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE (ITGU) E A CARGA TÉRMICA DE RADIAÇÃO (CTR)

FV	GL	Quadrados médios		
		t_{bs}	CTR	ITGU
Bloco	9	73,770	6893,490	143,784
Tratamento	3	0,189 *	138,687 *	1,261 *
Resíduo	27	0,022	12,285	0,348
Hora	23	125,653 *	15549,528 *	190,848 *
Trat. × hora	69	0,129 ^{ns}	21,936 *	0,571 ^{ns}
Resíduo	828	1,318	130,936	2,581
Cv (%) parc.		0,66	0,80	0,82
Cv (%) subparc.		5,03	2,61	2,22

* significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo.

interior de um abrigo meteorológico, instalado na área experimental, a 0,40m de altura, fazendo com que o fluxo de ar à altura do piso fosse aproximadamente o mesmo com relação ao galpão real.

Para a coleta das variáveis ambientais foi utilizado um sistema de aquisição composto por um módulo de medição e controle, com seis entradas analógicas diferenciais, três canais de excitação de voltagem, três canais de contadores de pulso e um multiplexador, que era controlado pelo módulo de medição e controle, que tinha 25 entradas analógicas diferenciais para termopares. O sistema de aquisição foi programado para coletar as variáveis ambientais em intervalos de 60s.

A radiação solar foi determinada com o uso de um piranômetro, para radiação solar global ($\pm 5\%$). Os dados de radiação solar ($W \cdot m^{-2}$) foram coletados com o uso de sensor/registrador, programado para armazenar as médias horárias das leituras realizadas em intervalos de 5s.

Determinação dos índices térmicos

A partir dos dados de t_{bs} , t_{po} , t_{gn} e Var medidos nos horários predeterminados, foram calculados os valores respectivos de ITGU e CTR para cada horário de medição, de

acordo com as Eqs. 1 e 2, respectivamente.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (protótipo e modelos reduzidos) e nas subparcelas os horários (1:00 às 24:00 horas), no delineamento em blocos casualizados (DBC), com dez repetições (dias).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância processadas pelo *software* Sisvar 4.6 (Ferreira, 2000). As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O resumo das análises de variância para as variáveis respostas t_{bs} , ITGU e CTR são mostrados na Tabela I. Verifica-se que tanto para t_{bs} quanto para o ITGU e a CTR houve diferença significativa ($p < 0,05$) para o fator tratamento e horário. No entanto, nenhuma diferença significativa foi verificada para a

interação tratamento × horário ($p < 0,05$), exceto a CTR. Com relação ao ITGU, os coeficientes de variação para as parcelas e subparcelas foram de 0,82 e 2,22%, respectivamente, e para a CTR foram de 0,80 e 2,61%, demonstrando pouca variabilidade dos valores observados em relação às médias. Os resultados obtidos são similares àqueles encontrados por Santos *et al.* (2005) e Ferreira Júnior *et al.* (2009).

Com relação à t_{bs} , o teste de médias mostra que não houve diferença significativa entre os resultados nos três modelos reduzidos (Tabela II), que diferem do protótipo, que apresentou a menor média, sendo estatisticamente igual ao M3 (teste Tukey, $p < 0,05$). Esta diferença pode ser atribuída ao fato da absorvidade da telha de cimento amianto do protótipo ($\alpha_s = 0,49$) ser menor que a das telhas dos modelos físicos em escalas reduzidas

TABELA II
VALORES MEDIOS DE T_{BS} (°C) CORRESPONDENTES AOS TRATAMENTOS

Tratamento	t_{bs}	
	Média	
Protótipo	22,80	B
M1	22,86	A
M2	22,87	A
M3	22,84	A
Ambiente externo	23,87	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA III
VALORES MÉDIOS DE ITGU CORRESPONDENTES AOS TRATAMENTOS E REDUÇÃO DO ITGU E EM RELAÇÃO AO AMBIENTE EXTERNO PARA OS DIVERSOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamento	ITGU	Redução de ITGU (%)
	Média	Média
Protótipo	72,40 ab	4,16
M1	72,41 a	4,14
M2	72,39 ab	4,17
M3	72,26 b	4,34
Ambiente externo	75,54	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

($\alpha_s = 0,51$), resultando em uma menor carga térmica devida a radiação solar. Como a cobertura é a maior área exposta do galpão ao meio externo, a diferença de 2% entre as absorvidades pode ter sido determinante nesta diferença de desempenho.

Em relação ao ITGU (Tabela III), verifica-se que houve diferença estatística significativa (teste Tukey, $p < 0,05$) entre o protótipo e os modelos, porém não houve diferença estatística significativa entre os modelos testados (teste Tukey, $p < 0,05$).

A atenuação do ITGUs no modelos reduzidos (Tabela III) variou de 4,15 a 4,35% para o melhor (M3) e pior (M1) tratamentos, respectivamente, sendo inferiores aos encontrados por Santos *et al.* (2005) e Ferreira Júnior *et al.* (2009), possivelmente devido às condições diárias correspondentes ao período experimental. Estes resultados não se encontram no intervalo sugerido por diversos autores, que é de 20 a 40% (Santos *et al.*, 1993; Turco *et al.*, 1994; Abreu *et al.*, 1995; Baêta y Souza, 2010).

Com relação a CTR (Tabela IV), o modelo 1 foi estatisticamente igual ao protótipo (teste Tukey, $p < 0,05$). Os modelos 2 e 3 foram estatisticamente iguais (teste Tukey, $p < 0,05$), apresentando menores valores de CTR. A atenuação da CTR pelas coberturas variou de 14,89 a 14,96%.

Os comportamentos médios da t_{bs} , ITGU e CTR em função dos horários de medição são ilustrados na Figura 3.

Conclusões

Para as condições de operação e critérios de projeto estabelecidos, utilizando o índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação

TABELA IV
VALORES MÉDIOS E DESVIOS-PADRÃO DA CARGA
TÉRMICA DE RADIAÇÃO (CTR) E REDUÇÃO DA CTR
EM RELAÇÃO AO AMBIENTE EXTERNO PARA OS
DIVERSOS TRATAMENTOS TESTADOS

Tratamentos	CTR	Redução de CTR (%)
Protótipo	438,63 ± 24,15 a	14,77
M1	438,03 ± 23,78 ab	14,89
M2	437,60 ± 24,16 bc	14,97
M3	437,73 ± 22,00 c	14,96
Ambiente externo	514,70 ±132,60	

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, para CTR, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

(CTR) como índice térmico ambiental de instalações agrícolas, é possível prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, FAPEMIG e ao CNPq pelo suporte financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

Abreu PG, Baêta FC, Soares AR, Abreu UMN, Maciel NF (1995) Utilização de piso aquecido eletricamente na criação de aves. *Eng. na Agric.* 4: 1-19.

Baêta FC, Souza CF (2010) Ambiência em edificações rurais: conforto animal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 269 pp.

Buffington DE, Collaso-Arocho A, Canton GH, Pit D (1981) Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE* 24: 711-714.

Dantas FF (1995) Estudo do termossifão em galpões para frangos de corte com cobertu-

ra em telhas de cerâmica e de cimento-amianto. Tese. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 410 pp.

Esmay ML (1974) *Principles of Animal Environment*. AVI. West Port, CN, EEUU. 325 pp.

Ferreira DF (2000) *SISVAR - Sistema de Análise Estatística para Dados Balanceados*. UFLA/DEX, Lavras, Brasil. 37 pp.

Ferreira Júnior LG, Yanagi Júnior T, Damasceno FA, Silva E, Silva GCAE (2009) Ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial. *Eng. na Agric.* 17: 166-178.

Gomes RCC, Yanagi Jr T, Schiassi L, Amaral AG, Damasceno FA (2008) Classification of roof materials based on thermal effectiveness. Em *Cong. Brás. de Engenharia Agrícola*, 36. Foz de Iguaçu, Brasil.

Guelfi Filho H, Silva IJO, Moura DJ, Consigliero FR (1991) Índices de conforto térmico e da CTR para diferentes materiais de cobertura em 3 estações do ano. Em *Cong. Brás. de Engenharia Agrícola* 20. Londrina, Brasil.

Leal PAM (1981) Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir de da-

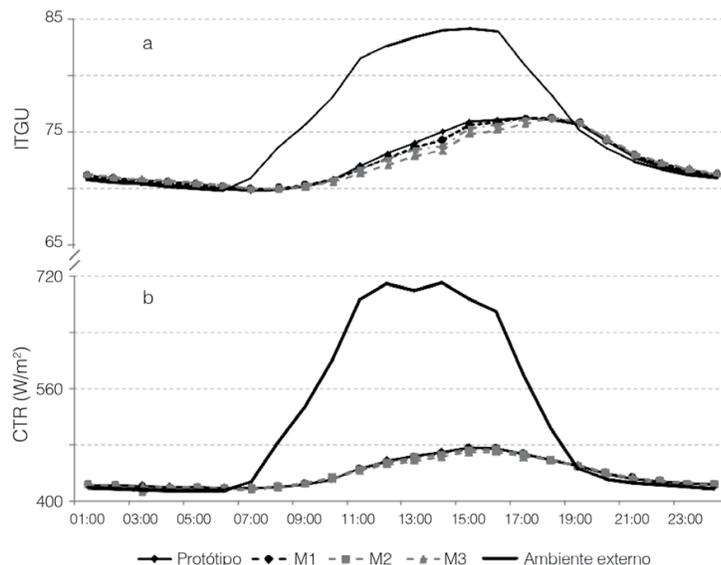


Figura 3. Médias do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR, em $W m^{-2}$), correspondente ao nível das aves, em função dos horários de medição no interior do protótipo e dos modelos físicos reduzidos avaliados e no ambiente externo.

dos ambientais. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil. 79 pp.

Morães SRP (1999) Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão. Tese. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 73 pp.

Murphy GCE (1950) *Similitude in Engineering*. Ronald Press. Nova Iorque, EEUU. 302 pp.

Neubauer LW (1972) Optimum alleviation of solar stress on model buildings (1972) *Trans. ASAE* 15: 129-132.

Pattie DR, Milne WR (1966) Ventilation air-flow patterns by use of models. *Trans. ASAE* 9: 646-649.

Santos AC, Baêta FC, Cecon PR, Cardoso RM (1993) Análise de diferentes bezerreiros individuais móveis, para região de Viçosa. *Eng. na Agric.* 2: 1-8.

Santos PA, Yanagi Júnior T, Teixeira VH, Ferreira L (2005) Ambiente térmico no interior de modelos de galpões avícolas em escala reduzida com ventilação natural e artificial dos telhados. *Eng. Agric.* 25: 575-584.

Schuring DJ (1977) *Scale Models in Engineering - Fundamentals and Applications*. Calspan Corp. Nova Iorque, EEUU.

Sevegnani KB, Silva IJO, Guelfi Filho H (1994) Comparação de vários materiais de cobertura através dos índices de conforto térmico. *Sci. Agric.* 51: 1-7.

Silva IJO, Guelfi Filho H, Consigliero FR (1990) Materiais de cobertura para instalações animais. *Eng. Rural* 1: 51-60.

Turco SHN, Baêta FC, Costa PMA, Cardoso RM, Cecon PR (1994) Modificações das condições ambientais de verão em maternidades de suínos. *Eng. na Agric.* 3: 1-12.