

AVALIAÇÃO TÉRMICA DE TELHAS DE COMPOSIÇÃO DE CELULOSE E BETUMEM, PINTADAS DE BRANCO, EM MODELOS DE AVIÁRIOS COM ESCALA REDUZIDA

IRENILZA de A. NÄÄS¹, KELLY B. SEVEGNANI³, FRANCINE G. MARCHETO²,
JEAN C. C. ESPELHO³, VLADIANE MENEGASSI³, IRAN J. O. da SILVA³

RESUMO: O trabalho avaliou as características térmicas de uma telha flexível e ondulada à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso. Foram considerados três tratamentos: TOPC - telha de celulose com uma demão de pintura branca em tinta tipo cerâmica; TOPL - telha de celulose com uma demão de pintura de látex branco, e uma testemunha TA - telha de fibrocimento com uma demão de pintura de látex branco. O experimento foi conduzido em modelos em escala reduzida simulando aviários, com frangos alojados a uma densidade de 12 aves m⁻². Foram coletados os dados referentes ao ambiente interno dos modelos com os tratamentos, assim como os dados externos de clima, no período de novembro 98 a janeiro de 99. Os índices de conforto ambiental CTR (carga térmica radiante) e ITGU (índice de globo negro e umidade) foram calculados e comparados. Os resultados mostraram que houve diferença estatística entre os tratamentos, nos valores de umidade relativa para o horário das 8:30 h e temperatura de bulbo seco às 14:30 h. Os resultados de índices de CTR e ITGU mostram valores mais altos para o tratamento que utilizou a telha de fibrocimento, não havendo diferença entre os demais tratamentos que utilizaram a telha à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso.

PALAVRAS-CHAVE: material de cobertura, ambiência.

THERMAL EVALUATION OF A ROOF TILE MADE OF CELLULOSE AND BITUMEN, COATED WITH PAINTING, IN POULTRY BUILDING WITH REDUCED SCALE MODELS

SUMMARY: This research evaluated the thermal characteristics of a tile made of pressed cellulose and bitumen. Three treatments were tested: TOPC (cellulose tile with one cover of white ceramic coating) and TOPL (cellulose tile with one cover of white latex coating), and a standard fibercement tile with one cover of white latex coating, TA. The experiment was performed in small-scale models simulating bird's housing housed with a density of 12 birds m⁻². Environmental data were collected inside the models as well as the climate data in the surrounding area from November 98 to January 99. The thermal comfort indexes RTL (radiant thermal load) and BGHI (black globe and humidity index) were calculated and compared. The results showed that there was a statistically significant difference in the values of relative humidity at 8:00AM and for the dry bulb temperature at 2:00PM. The results of indexes RTL and BGHI were higher for the treatment using fibercement tile while there was not statistical difference for the treatments using the tile with cellulose fiber pressed with bitumen.

KEYWORDS: roof tile, environment.

¹ Professor Titular, Departamento de Construções Rurais, FEAGRI-UNICAMP, Campinas, SP, e-mail: irenilza@agr.unicamp.br

² Alunos de Iniciação Científica, Projeto Celulose/Agrológica.

³ Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, e-mail: ijosilva@carpa.ciagri.usp.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 6/11/00

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 18/9/01

INTRODUÇÃO

O calor excessivo dentro de uma instalação avícola, juntamente com a criação altamente confinada, provoca queda do consumo de ração, queda na produção e morte das aves. Sendo assim, num país de clima tropical como o Brasil, as altas temperaturas de verão, associadas às altas umidades relativas, contribuem como mais um fator de estresse na produção. A temperatura corporal das aves domésticas é mantida dentro de uma faixa relativamente estreita que é usualmente refletida pelos limites superior e inferior do ritmo circadiano na temperatura corporal. Em aves bem alimentadas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, o limite superior do ritmo circadiano é geralmente cerca de 41,5° C e o limite inferior é cerca de 40,5 °C. Quando a ave é exposta a ambientes quentes e/ou atividade física, a temperatura corporal eleva-se de 1 °C a 2 °C (DAGHIR, 1995).

Os materiais e elementos construtivos componentes da construção exercem controle sobre o ambiente interno devido às suas propriedades térmicas e mecânicas. Fenômenos tais como: absorção, transmissão e reflexão da radiação solar, bem como condução e inércia térmica são quantificados por meio das grandezas físicas dos materiais constituintes dos elementos construtivos (SEVEGNANI et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1995; TOLEDO, 1970; e RODRIGUES & NÄÄS, 1999).

Os materiais se comportam de maneira seletiva quanto à absorção e emissão de energia radiante, isto é, a quantidade de energia que absorvem ou emitem é diferente em função do comprimento de onda. Chama-se de energia solar a radiação emitida pelo sol, em alta frequência e em ondas curtas (0,3 a 3 μm) por um corpo em alta temperatura (6000 K). A radiação emitida pelos corpos que nos rodeiam, os quais possuem temperatura de cerca de 300 K, é de onda longa, com comprimento de cerca de 10 μm , sendo chamada radiação infravermelha ou radiação térmica. Uma superfície branca é pouco absorvente para a energia solar, porém muito absorvente e emissora para a radiação na faixa do infravermelho, podendo ser considerada um material seletivo frio.

O telhado é o elemento construtivo mais importante em uma instalação avícola, quanto ao controle da radiação solar incidente. Para instalações situadas nas regiões tropicais, a incidência da radiação solar ocorre numa direção próxima à perpendicular aos planos que compõem a cobertura, principalmente para o verão e para as horas de maior intensidade de radiação. Tal fato resulta numa grande área de interceptação de radiação, transformando o telhado no receptor mais importante da radiação solar direta. Em estudos sobre as causas de desconforto térmico em construções residenciais em São Paulo e Viçosa, TOLEDO (1970) e ROSA (1984) concluíram que o fluxo de calor através das coberturas, juntamente com as elevadas temperaturas na face inferior das telhas, é a causa principal do desconforto no interior da residência.

RODRIGUES & NÄÄS (1999) concluíram que são os planos da envoltória da instalação que requerem uma maior intervenção, quando se visa à melhoria das condições internas de conforto térmico. Entre os tratamentos que podem ser aplicados às telhas de cimento-amianto, visando a melhorar seu desempenho térmico, um dos mais simples é a melhoria da sua refletividade superficial, obtida por meio de uma pintura de cor branca. O uso de pintura branca nas telhas de fibrocimento promove uma reflexão de cerca de 70 a 88% dos raios solares, dependendo da natureza da tinta (KOENISBERGER et al., 1977; HARDOIM et al., 1993 e OLIVEIRA et al., 1995). Trabalhos desenvolvidos por outros pesquisadores (KELLY et al., 1954; ROSA, 1984 e SEVEGNANI et al., 1994) também mostraram as melhorias de desempenho térmico com o uso de pinturas refletivas no telhado.

O uso de modelos reduzidos em escala distorcida tem sido adotado para reproduzir instalações com grande discrepância entre as dimensões horizontais e verticais, como é o caso de instalações avícolas. Segundo MURPHY (1950), existem três classes de modelo: o dissimilar, em que não existe semelhança entre o modelo reduzido e a instalação original; o geometricamente similar, em que o

protótipo é uma reprodução em escala da instalação; e o distorcido, em que o protótipo é uma reprodução do modelo real, usando-se, porém, mais de uma escala, normalmente uma escala para as dimensões horizontais e outra para as verticais. HAHN et al. (1961) não encontraram diferenças quando, estudando modelos, observaram o comportamento térmico de uma instalação a fim de determinar a independência da escala dos modelos às respostas térmicas apresentadas.

Segundo MORGAN (1990), a radiação solar representa cerca de 75% da carga térmica transferida e os principais fatores que interferem nessa transferência térmica são o material de cobertura, a orientação da construção, a projeção do telhado, a insolação e a vegetação presente na circunvizinhança.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência térmica de uma telha flexível e ondulada à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso, tendo na parte superior pintura com látex e pintura com tinta cerâmica, em comparação à telha de cimento amianto ondulada pintada na parte superior com tinta tipo látex, por meio dos dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro e umidade relativa, assim como os índices de Carga Térmica de Radiação (CTR) e de Temperatura de Globo Negro e Umidade Relativa (ITGU), dentro dos modelos com os tratamentos propostos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Área Experimental de Construções Rurais da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, situada à latitude de 22°53'S, altitude de 695 m, tipo climático Cwa, segundo a classificação de Köppen, sendo caracterizado como clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente. Três modelos reduzidos em escala distorcida, que reproduzem as instalações avícolas, foram construídos na direção leste-oeste, sendo o seu entorno constituído de área plana coberta de grama. As escalas utilizadas são 1:10 nas dimensões horizontais e 1:2 nas dimensões verticais. Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões dos modelos em escala distorcida utilizados no experimento.

TABELA 1. Dimensões dos modelos em escalas natural e distorcida.

Escala	1:1 (natural)	1:10 (horizontal)	1:2 (vertical)
Largura	14,00 m	1,40 m	—
Comprimento	30,00 m	3,00 m	—
Pé direito	3,00 m	—	1,50 m
Altura mureta	0,20 m	—	0,10 m

Os modelos possuíam em seu piso 10 lâmpadas de 60 W, simulando o calor total produzido por frangos em terminação alojados em uma densidade de 12 aves m⁻², totalizando um potencial de calor sensível equivalente a 600 W, conforme recomendam HELLICKSON & WALKER (1983). Para simular a cama de frango, foi utilizada serragem com umidade inicial de 80%. Uma certa quantidade de água era adicionada a cada manhã, de maneira a manter essa umidade inicial. Duas vezes por semana era feita a calibração da umidade por meio da diferença de peso de uma amostra da serragem.

Foram coletados os dados de temperatura de globo negro e temperatura de bulbo seco e úmido, dentro e fora dos modelos, a cada minuto. Um registrador eletrônico de 12 canais foi utilizado, tendo sido designados 3 três canais para cada local onde houve a aquisição dos dados de temperatura. Dentro dos modelos os sensores foram colocados no centro geométrico. As condições ambientais externas foram medidas no interior de um abrigo meteorológico, por meio do mesmo sistema de aquisição de dados. Os sensores de temperatura utilizados foram do tipo termistor (NTC), com precisão de ±0,7 °C

a 25 °C, resolução de 0,4 °C a 25 °C e menor que 1 °C, entre 25 e 70 °C, atuando de -40 a 70 °C. O experimento foi conduzido durante o período de 1º de novembro de 1998 a 30 de janeiro de 1999.

Os tratamentos utilizados foram os seguintes: TOPC - telha flexível e ondulada à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso, com dimensões de 880 mm x 1.940 mm x 3 mm, comercializada com o nome de Onduline®, com uma demão de pintura branca na parte superior em tinta tipo cerâmica, com refletância à radiação solar de 84%, segundo IPT, 1999; TOPL - telha flexível e ondulada à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso, com dimensões de 880 mm x 1.940 mm x 3 mm, comercializada com o nome de Onduline®, com uma demão de pintura branca na parte superior em tinta tipo látex branco, com 74% de refletância à radiação solar, segundo IPT, 1999, e uma testemunha TA - telha de fibrocimento ondulada, de dimensões de 890 mm x 1.950 mm x 6 mm, com uma demão de pintura látex de cor branca, com 74% de refletância à radiação solar, segundo IPT, 1999.

O programa computacional MINITAB® foi utilizado para a avaliação estatística. A análise consistiu de considerar o modelo de interferência linear entre o tratamento e a variável dependente, que foi considerada como cada dado de temperatura de bulbo seco e de globo negro e umidade relativa. Observaram-se que as incidências de temperaturas mínimas deram-se em torno das 8:30 h, e as de temperatura máxima em torno das 14:30 h, portanto, selecionaram-se para avaliação dos tratamentos, em função das variáveis dependentes, os dados médios obtidos naqueles horários. Foi aplicada uma análise de variância entre os tratamentos e as variáveis dependentes dos ambientes interno e externo, e entre os tratamentos. O teste de Tukey foi utilizado para verificar a significância das diferenças encontradas entre os tratamentos.

Os índices de Carga Térmica de Radiação (CTR) e de Temperatura de Globo Negro e Umidade Relativa (ITGU), para os três tratamentos, foram calculados nos horários já descritos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente procedeu-se a uma análise de variância entre as médias das variáveis umidade relativa (UR) e temperatura de bulbo seco (Tbs), nos dois horários, coletadas nos três tratamentos, e as variáveis climáticas externas, para verificar a eficiência do telhado em servir de anteparo às condições externas. Os resultados mostraram que houve a diferença esperada. Posteriormente, procedeu-se a uma análise de variância para verificar se houve diferença entre os tratamentos.

Com exceção dos valores médios de umidade relativa às 14:30 h, os demais valores médios encontrados mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos no nível de significância de 1%.

Identificada a diferença entre os tratamentos, na etapa seguinte foi aplicado o teste de Tukey para comparar os valores médios das variáveis umidade relativa e temperatura de bulbo seco, em cada tratamento, nos horários já definidos, e no ambiente externo. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2. Comparação entre os dados de UR (%) e Tbs (°C) provenientes dos ambientes internos de TA, TOPC e TOPL, nos dois horários selecionados e os dados do ambiente externo.

Variável Dependente	TA	TOPC	TOPL	Ambiente Externo
UR (%) 8:30 h	78,64 s	77,25 ns	78,10 ns	80,48
UR (%) 14:30 h	64,30 ns	66,02 s	64,6 ns	63,24
Tbs (°C) 8:30 h	22,16 s	22,10 s	22,05 s	19,01
Tbs (°C) 14:30 h	31,37 s	30,47 s	31,30 ns	32,60

ns - não significativo e s - significativo, $\alpha = 0,01$ no teste de Tukey

Com exceção dos valores de Tbs às 8:30 h, em que nos três tratamentos houve diferença significativa entre os dados climáticos internos aos modelos e o ambiente externo, as demais variáveis dependentes tiveram um comportamento diferenciado. Pode-se notar que o valor de Tbs no horário das 14:30 h em TOPC é ligeiramente menor do que nos demais tratamentos.

Para esclarecer se os valores das variáveis dependentes eram diferentes entre os tratamentos, aplicou-se uma análise de variância entre os tratamentos. Adicionaram-se a essa análise os valores coletados nos mesmos horários de temperatura de globo negro (Tg) e de entalpia (E). Os valores de entalpia foram calculados utilizando o programa computacional Psicart para avaliar as condições de conforto, dos valores críticos acima de 76 kJ g^{-1} de ar seco, de acordo com CIGR (1989). Na Tabela 3 apresentam-se os resultados dessa análise.

TABELA 3. Comparação entre os tratamentos para as variáveis dependentes internas aos tratamentos nos dois horários estudados.

Variável Dependente	8:30 h	14:30 h
UR (%)	80,41 s *	62,41 ns
Tg (°C)	24,90 ns	31,66 ns
Tbs (°C)	21,31 ns	31,44 s **
E (kJ g^{-1} ar seco)	74,92 ns	95,04 ns

ns - não significativo e s - significativo, $\alpha = 0,01$

* ocorrido no tratamento TA; ** ocorrido no tratamento TOPL

Somente se mostraram significativos os altos valores de umidade relativa que ocorreram no tratamento TA, no horário da manhã e os baixos valores de temperatura de bulbo seco, que ocorreram durante o horário da tarde, encontrados no tratamento TOPL. Os valores calculados de entalpia apontam para duas situações distintas: há conforto na parte da manhã e desconforto na parte da tarde, em todos os tratamentos, como era de se esperar em um experimento de verão. Na parte da manhã, associada às temperaturas mínimas e umidades altas, a entalpia dentro dos tratamentos mostra que a energia no sistema é baixa, mas esse fator pouco interfere para tornar o ambiente ruim sob o ponto de vista de conforto térmico, uma vez que as temperaturas mínimas ainda estão dentro de uma zona de termoneutralidade para a grande maioria dos homeotermos.

Os índices de Carga Térmica de Radiação (CTR) e de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), dentro dos modelos com os tratamentos propostos, foram calculados para o horário mais crítico, que foi considerado o das 14:30 h. Os valores médios foram analisados estatisticamente e os resultados encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4. Resultados de CTR e ITGU às 14:30 h para os tratamentos, no teste de Tukey utilizando $\alpha = 0,01$.

Tratamentos	Valores Médios de CTR	Valores Médios de ITGU
TA	475,19 a	82,00 a
TOPC	466,00 b	81,48 b
TOPL	465,11 b	81,66 b

Esses resultados mostram que os tratamentos nos quais se utilizou a telha à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso apresentaram os melhores índices de conforto ambiental durante o período mais quente do dia, com relação à telha de fibrocimento. Não se diferenciaram entre si os resultados entre os tratamentos que utilizaram a telha Onduline®, embora a refletância da tinta utilizada seja maior no produto de origem cerâmica, o que condiz com o resultado encontrado por SEVEGNANI et al. (1994).

CONCLUSÕES

O modelo no qual foi utilizada a telha de fibrocimento com uma demão de pintura branca do tipo látex apresentou os maiores valores de umidade relativa às 8:30 h. O modelo que utilizou a telha à base de fibras de celulose prensada com material betuminoso, com uma demão de tinta branca do tipo látex em sua parte superior, apresentou os menores valores de temperatura de bulbo seco às 14:30 h.

Quando avaliadas sob o ponto de vista dos índices de CTR e ITGU, às 14:30 h, o ambiente sob o telhado no qual foi utilizada a telha de fibrocimento apresentou os piores valores. Não houve diferença estatística entre os ambientes resultantes dos dois tratamentos que utilizaram as telhas à base de fibra de celulose.

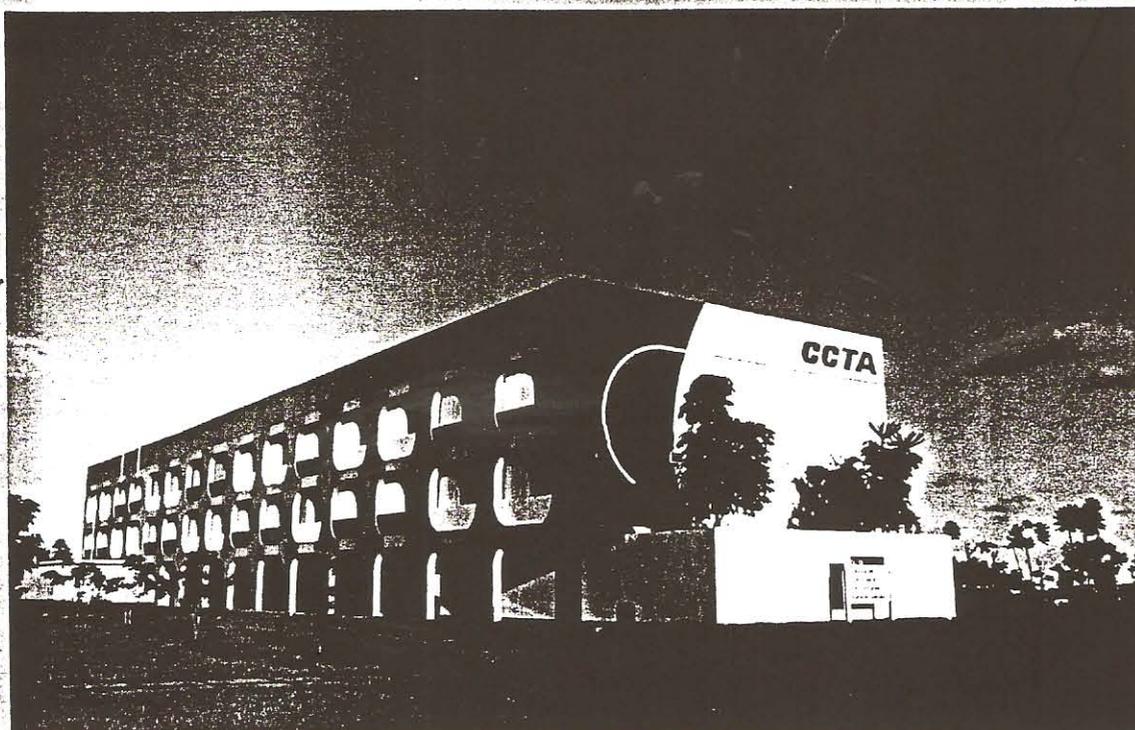
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIGR. *Climatization of animal houses*. 2nd Report of Working Group. Commission Internationale du Génie Rural. 1989. 234p.
- IPT. Relatório de Ensaio no. 861609,861610, 861611. São Paulo. 1999. 19p.
- DAGHIR, N.J. *Poultry production*. Wallingford: CAB International, 1995. 418p.
- HAHN, G. L.; BOND, T.E.; KELLY, C.F. Use of models in thermal shades of livestock housing. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.4, n.1, p.45-51, 1961.
- HARDOIM, P.C.; LOPES, S.P. Análise comparativa de cinco tipos de materiais de cobertura em condições de temperatura máxima em Lavras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais... Ilhéus*: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.107-17.
- HELLICKSON, M.A.; WALKER, J.N. *Ventilation of agricultural structures*. St. Joseph: ASAE, 1983. 372p.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E.; ITTNER, N.R. Design of livestock shades. *California Agriculture*, Berkeley, 1954, p.3-4.
- KOENISBERGER, O.H.; INGERSOLL, T.G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977. 278p.
- MORGAN, W.E. *Heat reflective roof coatings*. Chicago: ASAE, 1990. 12p. (Paper nº 904513).
- MURPHY, G.C.E. *Similitude in engineering*. New York: The Ronald Press Company, 1950. 302p.
- OLIVEIRA, P.A.V.; GUIDONI, A.L.; BARONI JÚNIOR, W.; DALMORA, V.J.; CASTANHA, N. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba. *Anais...* Curitiba: FACTA, 1995. p.297-8.
- RODRIGUES, E. H. V.; NÄÄS, I.A. Avaliação da temperatura nas superfícies internas da envoltória de uma instalação de criação de frangos de corte. *Ciência & Engenharia*, Uberlândia, v.8, n.2, p.138-42, 1999.
- ROSA, Y.B.C.T. Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1994.
- TOLEDO, E. *Coberturas residenciais: proteção térmica*. São Paulo: Eternit, 1970. 76p. (Boletim, 59).

ENGENHARIA AGRÍCOLA

ISSN 0100-6916

Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering



Universidade Estadual do Norte Fluminense - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias



Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola
Brazilian Society of Agricultural Engineering

Eng. Agríc.

Jaboticabal

v. 21

n. 2

p. 111-205

mai. 2001