
COBERTURAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS DE INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO ANIMAL COM VISTAS AO CONFORTO TÉRMICO

Alaércio de Sousa Cardoso¹, Fernando da Costa Baeta², Ilda de Fátima Ferreira Tinôco³, Virgínia A. da Silva Cardoso⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições no interior de galpões de avicultura ou bovinocultura, confeccionados com cinco tipos de coberturas de materiais alternativos, em comparação com a cobertura de telhas de barro, em condições de calor, com a utilização da teoria de similitude, para definição de modelos reduzidos na escala 1:12, e de índices térmicos ambientais. Considerando o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, a Carga Térmica Radiante e a Efetividade Térmica propiciados pelas coberturas, ao nível das aves e dos bovinos, verificou-se no geral que ocorreu semelhança entre os resultados e que, no período quente do dia, as melhores condições estiveram associadas à cobertura de barro. Estimou-se redução nos custos iniciais do telhado em comparação ao de cobertura de barro em 47,7% para o telhado com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 45,5% para o telhado com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior e 41,2% para o telhado com cobertura de material reciclado Tetra Pak.

Palavras-chave: materiais alternativos, conforto térmico, coberturas, efetividade térmica.

ABSTRACT

ALTERNATIVE COVER MATERIALS FOR ANIMAL PRODUCTION SHEDS FOR THERMAL COMFORT

The objective of this study was to evaluate the thermal conditions inside poultry or cattle sheds made with five types of alternative roof materials and compare with clay tiles, under hot conditions, using the similitude theory and thermal environmental indices. Comparison between the black globe temperature and humidity index, the radiant thermal load and thermal effectiveness provided by the cover at level of the birds or cattle, in general, showed similarity between results. During hot days, the best conditions were associated with clay cover. Initial cost reduction for roof, compared to the clay was estimated to be 47.7% for Reciplac with aluminized coating on the outer and white coating on the inner surface, and 45.5% with the same material except with neutral coating on the inner surface and 41.2% for the roof made of Tetra Pak tiles.

Keywords: alternative materials, thermal comfort, coverings, thermal effectiveness.

Recebido para publicação em 14/02/2011. Aprovado em 05/04/2011.

1- Bacharel em Engenharia Civil, Mestre em Engenharia Agrícola/DEA-UFV, alaesca@yahoo.com.br

2- Bacharel em Engenharia Agrônômica, Professor Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, baeta@ufv.br

3- Bacharel em Engenharia Agrícola, Professor Adjunto, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, iftinoco@ufv.br

4- Bacharel em Economia Doméstica, Mestre em Economia Doméstica/ DED-UFV, viviecd@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frango de corte, ovos, bovinos e suínos, e vem obtendo, anualmente, constantes crescimentos de produção nesses setores.

Estudos de Rocha (2010) e Veloso (2008) evidenciam essa expansão, ao mostrar que o Brasil aparece como o quarto país na classificação mundial de produtores e exportadores de carne suína, sendo precedido apenas pela China, União Europeia e Estados Unidos.

Apesar disso, persiste o grande desafio da produção animal brasileira em desenvolver tecnologias de baixo custo que proporcionem aos animais condições ambientais favoráveis. Esse desafio, segundo Gomes et al. (2008), pode ser enfrentado com a utilização de materiais alternativos na construção de instalações para animais, sendo uma das opções para a diminuição dos custos de produção, aumento da produtividade, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental.

Em muitas regiões brasileiras, em épocas quentes do ano, a radiação solar e os altos valores de temperaturas internas associados a altos valores de umidade relativa têm caracterizado condições de desconforto térmico, fator limitante ao desenvolvimento e produção dos animais de alto valor genético.

Entre os fatores ambientais, destacam-se aqueles relacionados ao ambiente térmico como temperatura, umidade, velocidade do ar e as trocas de calor que ocorrem dentro de uma instalação (GOMES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2005), que, agindo isoladamente ou em conjunto, serão fatores decisivos para o conforto térmico animal.

Além de tais fatores, há o calor resultante dos processos metabólicos dos animais que vem agravar as condições ambientais nas instalações. As condições ambientais requeridas pelos animais podem ser atendidas por instalações que apresentem boa concepção arquitetônica, planejada e construída para diminuir a ação direta dos fatores climáticos sobre estes animais. Assim, construir e adequar instalações ao clima, que possibilitem temperatura, umidade

relativa, velocidade do ar e radiação solar em limites considerados ideais no seu interior, em conformidade com as exigências dos animais, sem aumento dos custos de produção, tem sido um grande desafio (ABREU; ABREU, 2006b). E a combinação da temperatura com a umidade relativa é o principal condicionante para conforto térmico e o funcionamento geral dos processos fisiológicos dos animais (OLIVEIRA et al., 2006).

Para Fiorelli et al. (2009), as instalações têm por objetivo fornecer conforto aos animais, devendo ser planejadas e construídas com a finalidade principal de diminuir a ação direta do clima, que pode agir negativamente sobre os animais.

Segundo Jácome et al. (2007) e Kawabata et al. (2005), as condições térmicas ambientais internas de uma instalação de produção animal são dependentes de vários fatores construtivos, como orientação, forma geométrica, materiais de fechamento como cobertura e paredes, pé-direito, tamanho do beiral e inclinação do telhado.

Os materiais dos fechamentos variam em densidade e porosidade. Os mais porosos normalmente apresentam elevada resistência térmica em razão da baixa condutividade térmica do ar contido em seus vazios. Dessa forma, quanto menor a densidade do material e maior o número de seus poros, menor sua condutividade térmica e, conseqüentemente, maior o poder de isolamento (RIVERO, 1986; BAËTA; SOUZA, 1997).

O fluxo de calor através dos fechamentos ocorre em regime periódico, variável no tempo, tanto no verão quanto no inverno.

No interior de uma instalação, normalmente busca-se uma temperatura uniforme, seja através do condicionamento natural ou por meio de equipamentos de ar condicionado ou de calefação (RIVERO, 1986). Para isso, é importante o conhecimento das propriedades térmicas dos fechamentos como a resistência térmica, retardo térmico e amortecimento.

De modo geral, a cobertura, por representar grande parte da envolvente, é o fator que tem grande influência sobre as condições do ambiente de galpões para a criação animal. Sua efetividade

normalmente está associada: a) ao tipo do material constituinte das telhas, caracterizado pelo isolamento, amortecimento e retardo térmico; b) à natureza superficial, caracterizada pela absorvidade e emissividade radiante.

Para Baêta e Souza (1997), a cobertura ideal de instalações para animais nas condições brasileiras deve apresentar grande capacidade de refletir a radiação solar, grande capacidade de isolamento e retardo térmico de 12 horas, aquecendo o interior do galpão quando sua temperatura estiver mais baixa.

Uma cobertura ideal continua sendo o grande desafio dos sistemas construtivos. Na produção animal, as coberturas de telha de barro ainda são as que têm propiciado melhores condições térmicas ambientais, contudo, devido à estrutura de sustentação que requerem, normalmente de madeira, sua utilização tem se mostrado inviável do ponto de vista econômico e ambiental. Desta forma, o desafio continua no sentido da identificação de telhados mais eficientes, em que a cobertura seja capaz de apresentar um bom desempenho térmico e que a estrutura de sustentação seja simplificada, redundando num conjunto de baixo custo.

Recentemente, foram lançados no mercado diversos tipos de telhas provenientes de materiais alternativos sob diversas formas, sendo as mais comuns as telhas de fibras vegetais e betume, as recicladas de embalagens Tetra Pak, as produzidas a partir de tubos de pasta de dente e as telhas produzidas por meio do reprocessamento de resíduos industriais, todas elas apresentando forma e dimensões semelhantes às de fibrocimento.

Além da redução do custo da instalação, as telhas feitas de materiais alternativos são ecologicamente corretas, uma vez que na sua confecção são utilizados produtos recicláveis.

Como a literatura ainda é escassa de informações que possam balizar a utilização destas coberturas em situação real, o presente trabalho buscou avaliar a utilização destas coberturas em instalações de produção animal, em condições de calor, empregando-se modelos reduzidos embasados na teoria de similitude.

Nesse contexto, a teoria de similitude, que é

desenvolvida pela análise dimensional, aparece como ferramenta importante, uma vez que seu principal objetivo é fixar relações que permitam previsões reais, feitas a partir de observações em protótipos em escala reduzida, estabelecendo o relacionamento existente entre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos (JENTZSCH, 2002).

Ainda segundo Jentzch (2002), é possível prever as condições térmicas ambientais em protótipos a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes, o que traz como vantagem, o baixo custo de material, mão de obra e tempo para realização de experimentos. E se houver necessidade de quaisquer alterações para melhorar o desempenho do projeto, elas podem ser feitas com maior facilidade e menor custo.

Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o conforto térmico ambiental propiciado por cinco tipos de coberturas confeccionadas com materiais alternativos em comparação com a cobertura de telhas de barro, em condições climáticas de calor, com vistas à utilização em instalações para produção animal.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – Ambiaagro, DEA, UFV. O local tem latitude 20° 45' 45" S, longitude 42° 52' 04" W e altitude de 651 metros. A classificação do clima, segundo Köppen (1928), é Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente).

As instalações comerciais para produção animal consideradas neste experimento são típicas para avicultura e bovinocultura, apresentando as seguintes características: 120 m de comprimento, 12 m de largura, 3 m de pé-direito, 5 m entre pilares ou tesouras, 2 m de beiral, 0,40 m de altura de mureta lateral, 15° de inclinação do telhado para telhas alternativas e 30° para as telhas de barro, orientação longitudinal leste-oeste e fechamentos laterais voltados para o leste e oeste em alvenaria.

Os modelos reduzidos em escala 1:12 representaram uma seção da instalação real com três módulos de 5 m, distância entre tesouras em

escala real, de forma que as medições foram feitas no módulo central, e os laterais funcionaram como bordadura experimental.

Como exposto, o comprimento longitudinal dos modelos reduzidos foi de 1,25 m, não havendo necessidade de utilizar o comprimento do galpão inteiro, baseando-se, assim, na teoria de similitude desenvolvida por Jentsch (2002).

Na Figura 1 estão representadas as dimensões dos protótipos de acordo com Jentsch (2002).

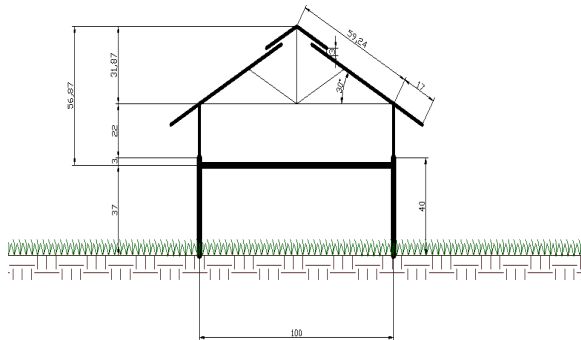


Figura 1. Dimensões transversais do modelo reduzido correspondente a uma instalação para produção animal, em centímetros.

Na construção dos modelos reduzidos, foram utilizadas chapas de compensado com espessura de 10 mm e estrutura de sustentação da cobertura com caibros de madeira maciça (Figura 2).

As coberturas consideradas neste experimento foram: a) de barro ou cerâmica (testemunha); b) de resíduo Tetra Pak; c) de resíduo de tubos de pasta de dente; d) de fibra vegetal e betume; e) de Reciplac aluminizada e branca; e f) de Reciplac aluminizada e natural (Figura 3).

Os beirais foram feitos com as próprias telhas e os modelos foram pintados com tinta acrílica na cor branca e posicionados no campo a uma distância de cinco metros um do outro.

Os dados foram coletados aos fins de semana, aos sábados e domingos, ou seja, de 5 em 5 dias, e de duas em duas horas, nos horários de 0 a 24 horas.

Em nenhum dos dias de coleta houve chuvas, e o céu permaneceu durante as coletas, predominantemente ensolarado e parcialmente nublado.

Para caracterizar o ambiente térmico interno dos modelos, foram registradas a temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido e a temperatura de globo negro. Para tanto, no módulo central de cada modelo, foram instalados um higrômetro, cujos sensores de mercúrio em vidro tinham resolução de 1 °C, dois termômetros de globo negro com diâmetros de 3,6 cm, com sensores de mercúrio em vidro com resolução de 1 °C, posicionados a 3,0 cm e a 6,7 cm da altura do piso, alturas correspondentes aos centros geométricos das aves e dos bovinos, de maneira que o centro geométrico dos globos coincidissem com o centro geométrico dos animais em avaliação (Figura 4).

A medição da velocidade do ar foi feita nas proximidades dos sensores de globo negro, utilizando anemômetro de fio quente com resolução de 0,01 m s⁻¹.



Figura 2. Vista dos modelos reduzidos no campo



Figura 3. Vista do modelo reduzido com telha de barro.



Figura 4. Detalhe da instrumentação nos modelos reduzidos com cortina.



Figura 5. Vista do abrigo meteorológico e, próximo a ele, o termômetro de globo negro.

Os dados climáticos externos de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido foram medidos no interior de um abrigo meteorológico, posicionado próximo às unidades experimentais, utilizando-se também higrômetro com sensor de mercúrio em vidro, com resolução de 1 °C (Figura 5).

A temperatura externa do globo negro foi medida em um instrumento instalado próximo ao abrigo meteorológico, constituído de um globo de cobre com 15 cm de diâmetro, pintado de negro, contendo em seu interior um sensor de mercúrio em vidro, com resolução de 1 °C.

A medição da velocidade do ar foi realizada nas proximidades do globo negro por meio de um termo-anemômetro digital com resolução de 0,01 m s⁻¹.

O experimento foi montado segundo esquema

de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (modelos reduzidos das instalações) e nas subparcelas os horários (de 0 a 24), no delineamento em blocos.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, foi utilizada a técnica de regressão, empregando-se o teste ‘t’ de Student ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R²) e no fenômeno em estudo.

Em todas as análises de variância, independentemente de a interação ter sido ou não significativa, foi feito seu desdobramento devido ao interesse em estudo.

A análise dos dados foi realizada com base nos dados da temperatura de globo negro (Tgn), temperatura de bulbo úmido (Tbu), temperatura de bulbo seco (Tbs) e velocidade do ar (V), dos quais foram determinados o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), equação 1, e a carga térmica radiante (CTR), equação 2. Com os valores de CTR obtidos, determinou-se a efetividade térmica (ET) de cada tipo de telha em relação à telha de barro (padrão), empregando-se a equação 4.

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo + 41,5 \quad (1)$$

em que

Tgn = temperatura de globo negro (°C); e
Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C).

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad (2)$$

em que

CTR = carga térmica radiante, W.m⁻²;
 σ = constante de Stefan-Boltzmann, (5,67 x 10⁻⁸ W.m⁻².K⁻⁴); e
TRM = temperatura radiante média (K), dada pela equação 3.

$$TRM = 100 [2,51 V^{1/2} (Tgh - Tbs) + (Tgn/100)^4]^{1/4} \quad (3)$$

em que

V = velocidade do ar, m s⁻¹;

T_{gn} = temperatura de globo negro (K); e

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (K).

$$ET = (CTR_{\text{ao sol}} - CTR_{\text{telha testada}}) / (CTR_{\text{ao sol}} - CTR_{\text{telha de barro}}) \quad (4)$$

Por fim, a partir dos valores médios de ITGU e da efetividade térmica (ET) de cada tipo de cobertura, concluiu-se sobre o desempenho delas em relação ao conforto térmico animal das instalações para produção animal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios de ITGU, em função dos horários de observação, em cada modelo reduzido, são apresentados nos quadros e figuras subsequentes.

No Quadro 1 estão apresentados os valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade ao nível das aves para cortinas abertas, em função dos horários, para os diversos tipos de telhas e para o ambiente externo. Na maioria dos horários estudados, não houve diferença significativa entre os ambientes térmicos, representados pelos ITGUs, propiciados pelos diferentes tipos de cobertura em relação às

telhas de barro. Especialmente nos horários mais quentes do dia, ou seja, entre 12:00 e 16:00 horas, com base no teste Dunnett, os valores de ITGU, correspondentes aos diversos tipos de cobertura, foram estatisticamente iguais aos correspondentes à cobertura padrão para a maioria dos casos. Foram exceções, com valores de ITGU sempre acima em relação ao padrão, os ambientes térmicos internos propiciados pelas coberturas Ond. – fibra vegetal e betume e T.P. – Tetra Pak, às 12:00 horas, e Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, às 14:00 horas.

Verifica-se ainda que, considerando que as condições térmicas ambientais caracterizadas por ITGU entre 69 a 77 são confortáveis para aves adultas (MEDEIROS et al., 2005), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas abertas em cerca de 39% do tempo. No restante do tempo, os índices caracterizaram frio ou calor.

Nas Figuras 6 e 7 mostra-se a representação dos resultados estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade, em função dos horários, para as instalações com diversas coberturas, e do ambiente externo, ao nível das aves, para cortinas abertas e fechadas e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Quadro 1. Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves, para cortinas abertas, em função dos horários, para os diversos tipos de telhas, e para o ambiente externo

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	66,8	67,3 a	66,9 a	67,1 a	67,2 a	67,2 a	66,9 a
2	65,7	66,3 a	66,0 a	66,2 a	66,2 a	66,3 a	66,1 a
4	64,6	65,6 a	65,2 a	65,4 a	65,4 a	65,5 a	65,3 a
6	66,6	68,4 a	67,1 a	67,9 a	68,3 a	69,6 a	69,5 a
8	79,8	72,0 a	72,0 a	72,5 a	72,7 a	72,9 a	72,5 a
10	82,7	75,2 a	75,4 a	75,3 a	76,2 a	75,9 a	75,1 a
12	86,8	76,6 a	78,4 b	77,6 a	78,2 b	78,0 a	77,4 a
14	90,2	77,3 a	78,5 a	78,2 a	78,4 a	79,2 b	78,3 a
16	89,8	77,1 a	77,9 a	77,7 a	78,1 a	78,2 a	76,9 a
18	82,5	74,5 a	75,1 a	74,9 a	75,0 a	74,7 a	73,4 a
20	69,9	70,3 a	69,8 a	70,1 a	70,2 a	70,2 a	69,8 a
22	67,9	68,6 a	68,2 a	68,4 a	68,5 a	68,5 a	68,2 a
24	66,8	67,3 a	66,9 a	67,1 a	67,2 a	67,2 a	66,9 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Na Figura 6 mostra-se a semelhança de resultados ao longo do dia entre todos os ambientes internos. Contudo, ficou evidente a importância das instalações em suavizar o rigor climático exterior, tanto para condições de frio à noite, como de calor próximo e logo após o meio dia. As linhas traçadas correspondentes aos índices 69 e 77 delimitam, para cada caso, os períodos considerados de conforto para as aves.

Na Figura 7 mostra-se que as condições térmicas

ambientais no interior dos modelos foram equivalentes ao longo do dia, contudo, a condição de cortina fechada permitiu ampliar um pouco mais as diferenças entre os diversos tipos de coberturas, quando comparado com cortinas abertas. Pode-se observar também que as condições ambientais internas acompanharam de perto as externas e que as instalações não foram tão efetivas em suavizar os extremos climáticos externos, e ainda que em grande parte do tempo as instalações se mostraram desconfortáveis para as aves.

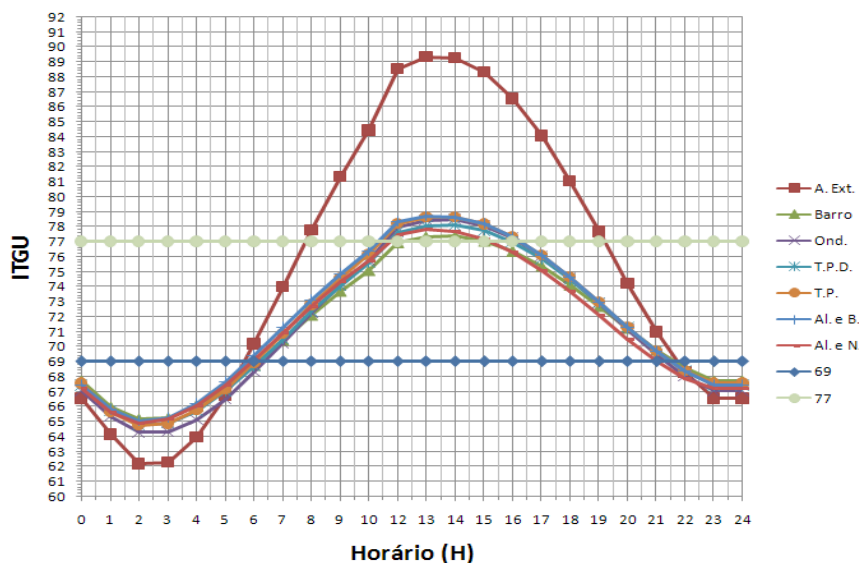


Figura 6. Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas.

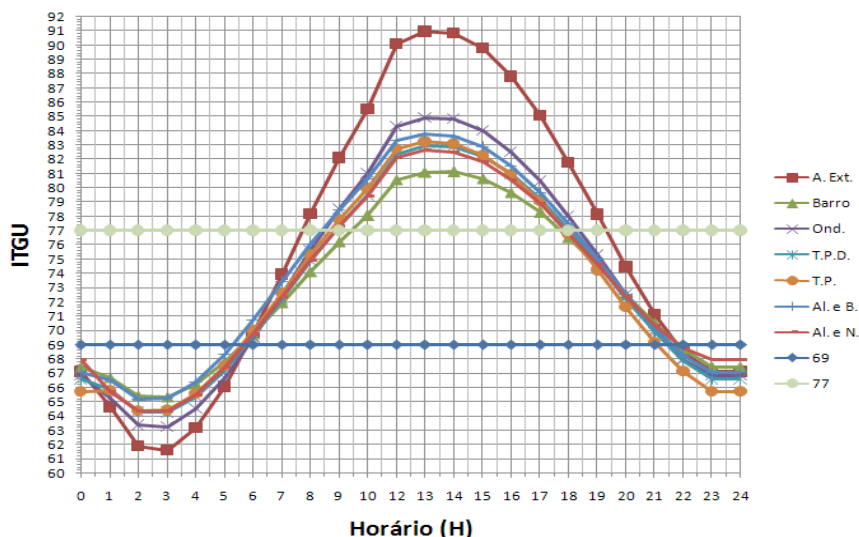


Figura 7. Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

Observa-se, no Quadro 2, correspondente ao caso de cortinas fechadas, que na maioria dos horários estudados não houve diferença significativa entre os ITGUs relativos ao ambiente térmico interno da maioria dos modelos reduzidos, que possuíam cobertura com telhas de materiais alternativos, permitindo inferir que, quase no geral, as telhas de materiais alternativos possibilitaram condições térmicas equivalentes à telha de barro (padrão). A exceção ficou por conta das instalações que possibilitaram condições térmicas ambientais estatisticamente mais quentes que o padrão, que tinham as seguintes coberturas: Ond. – fibra vegetal e betume, de 10:00 às 16:00 horas; T.P. – Tetra Pak, às 14:00 horas; e Al. e B. – Reiplac aluminizada

na face superior e branca na inferior, de 10:00 às 16:00 horas.

Pode-se observar ainda que, considerando as condições térmicas ambientais, caracterizadas por ITGU entre 69 a 77, como confortáveis para aves adultas (MEDEIROS et al., 2005), estas condições estão caracterizadas no interior das instalações com cortinas fechadas em cerca de 29% do tempo. No restante do tempo, os índices caracterizavam frio ou calor.

No Quadro 3 estão apresentados os valores médios do ITGU em função dos horários para as diversas instalações, com diferentes coberturas, e do ambiente externo, ao nível dos bovinos. Observa-se que na maioria dos horários estudados

Quadro 2. Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
Sistema 1 – Sem manta							
0	67,6	68,1 a	67,2 a	67,5 a	67,5 a	68,2 a	67,5 a
2	66,4	67,6 a	66,8 a	67,1 a	67,1 a	67,8 a	66,8 a
4	65,7	67,1 a	66,0 a	66,4 a	66,3 a	67,2 a	66,2 a
6	66,3	67,9 a	66,4 a	67,1 a	67,8 a	68,6 a	67,8 a
8	76,1	73,8 a	74,8 a	74,6 a	75,3 a	75,6 a	74,4 a
10	83,7	76,9 a	80,0 b	78,2 a	78,7 a	79,8 b	78,4 a
12	88,5	80,2 a	83,5 b	81,8 a	81,8 a	83,0 b	81,8 a
14	94,6	82,4 a	87,1 b	84,6 b	85,1 b	84,8 b	83,7 a
16	92,7	81,9 a	85,1 b	83,6 a	83,7 a	84,1 b	82,5 a
18	79,0	76,1 a	76,7 a	76,6 a	76,5 a	76,9 a	75,3 a
20	69,6	70,5 a	69,1 a	69,6 a	69,5 a	70,5 a	69,5 a
22	67,8	69,2 a	68,0 a	68,5 a	68,3 a	69,1 a	68,2 a
24	67,6	68,1 a	67,2 a	67,5 a	67,5 a	68,2 a	67,5 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Quadro 3. Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	66,8	67,4 a	66,9 a	67,0 a	67,1 a	67,2 a	66,7 a
2	65,6	66,5 a	66,1 a	66,1 a	66,1 a	66,2 a	65,8 a
4	64,6	65,7 a	65,3 a	65,4 a	65,3 a	65,5 a	65,1 a
6	66,6	68,5 a	67,0 a	67,8 a	68,0 a	69,5 a	69,2 a
8	79,8	72,1 a	72,2 a	72,4 a	72,6 a	72,2 a	72,2 a
10	82,6	75,2 a	75,3 a	75,2 a	76,1 a	76,0 a	74,9 a
12	86,8	76,8 a	78,2 a	77,6 a	78,1 a	78,2 a	77,1 a
14	90,2	77,5 a	78,8 a	78,2 a	78,4 a	79,5 b	78,1 a
16	89,7	77,4 a	78,2 a	77,7 a	78,2 a	78,4 a	76,7 a
18	82,5	74,6 a	75,3 a	74,9 a	74,9 a	74,8 a	73,1 a
20	69,9	70,4 a	69,8 a	70,0 a	70,0 a	70,2 a	69,5 a
22	67,9	68,6 a	68,1 a	68,3 a	68,4 a	68,5 a	68,0 a
24	66,8	67,4 a	66,9 a	67,0 a	67,1 a	67,2 a	66,7 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

não houve diferença significativa entre os ITGUs correspondentes aos ambientes térmicos do interior dos modelos reduzidos, permitindo inferir que as coberturas testadas apresentaram comportamento térmico equivalente à telha de barro (padrão). Foram exceções apenas os resultados correspondentes ao modelo com Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, às 14:00 horas, com valores maiores que o modelo padrão.

Considerando as condições térmicas ambientais caracterizadas por ITGU abaixo de 74 como confortáveis para os bovinos, de acordo com Baêta e Souza (1997) e Matarazzo (2006), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas abertas em cerca de 59,7% do tempo. No restante do tempo, os índices caracterizavam calor.

Nas Figuras 8 e 9 estão representados os valores estimados do ITGU, em função dos horários, para as diversas coberturas, com cortinas abertas e fechadas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão. A linha traçada, correspondente ao ITGU igual a 74, mostra para cada caso o período do dia em que os bovinos poderiam estar em desconforto por calor.

Na Figura 8 mostra-se a existência de semelhanças nas condições térmicas ambientais no interior dos modelos reduzidos ao longo do dia, evidenciando que todas as coberturas apresentaram desempenho

semelhante e uma razoável capacidade em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior.

Com relação à Figura 9, observou-se semelhança de condições térmicas ambientais na altura do centro de massa dos bovinos, porém de forma mais amplificada com relação às diferenças entre coberturas. Em condições de cortina fechada, as coberturas foram apenas razoáveis em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior, sendo os melhores resultados alcançados pela telha de barro.

No Quadro 4 apresentam-se os resultados do ambiente térmico no interior das instalações ao nível do centro de massa dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

No Quadro 4 mostra-se que, em grande parte dos horários, na altura correspondente ao centro de massa dos bovinos, não houve diferença significativa entre os ITGUs, permitindo inferir que as coberturas testadas apresentaram comportamento térmico equivalente à telha de barro (padrão). Estas condições se configuraram como confortáveis para os bovinos em cerca de 51,4 % do tempo. Foram exceções apenas os resultados correspondentes aos modelos com Ond. – fibra vegetal e betume, das 10:00 às 16:00 horas; e Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, das 10:00 às 12:00 horas, com valores maiores que o padrão.

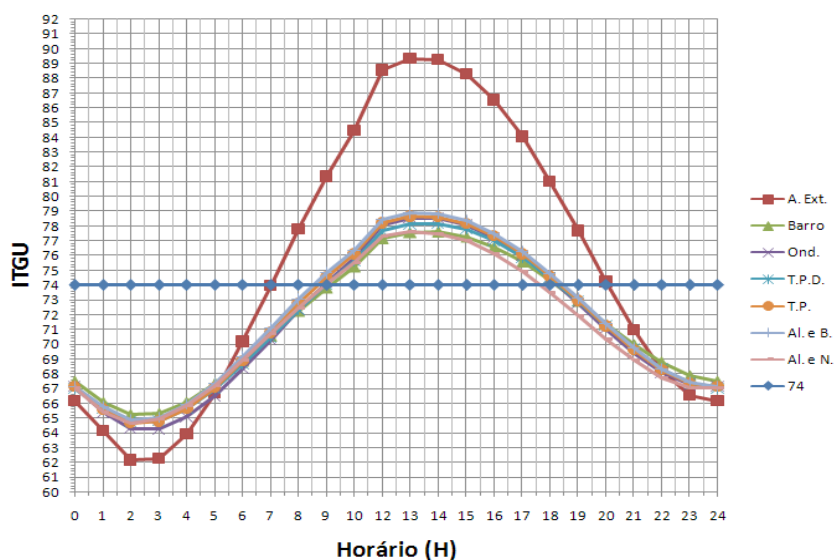


Figura 8. Representação dos valores do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários correspondentes a cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo referentes aos modelos com cortinas abertas.

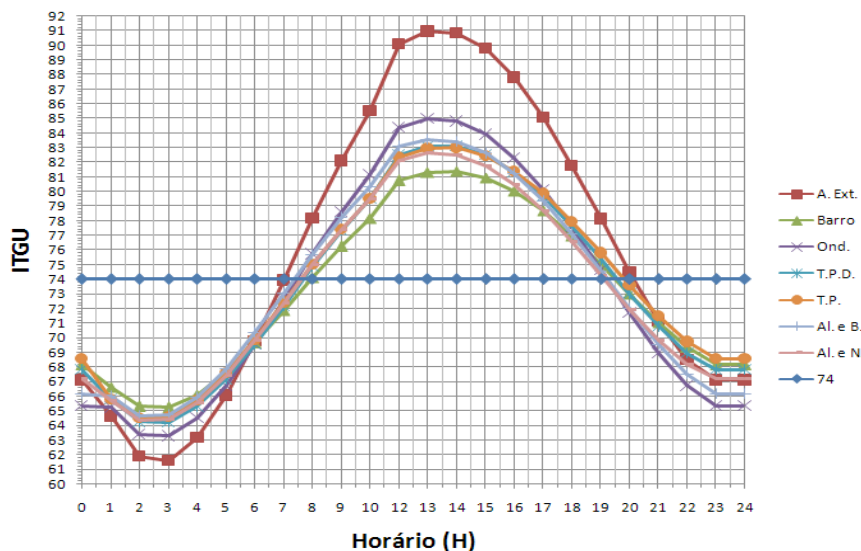


Figura 9. Representação dos valores do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários correspondentes a cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

Quadro 4. Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	67,6	68,1 a	67,2 a	67,4 a	67,4 a	67,7 a	67,5 a
2	66,4	67,5 a	66,9 a	67,1 a	67,0 a	67,3 a	66,8 a
4	65,7	67,0 a	66,1 a	66,3 a	66,3 a	66,7 a	66,2 a
6	66,3	67,9 a	66,4 a	67,1 a	67,6 a	68,2 a	67,9 a
8	76,1	73,6 a	74,9 a	74,6 a	75,1 a	75,4 a	74,5 a
10	83,7	76,9 a	80,2 b	78,2 a	78,5 a	79,4 b	78,4 a
12	88,5	80,2 a	83,8 b	81,8 a	81,9 a	82,7 b	81,9 a
14	94,6	82,9 a	87,2 b	84,6 a	84,9 a	84,8 a	83,7 a
16	92,7	82,1 a	85,3 b	83,7 a	83,7 a	83,9 a	82,6 a
18	79,0	76,2 a	76,8 a	76,7 a	76,2 a	76,5 a	75,3 a
20	69,6	70,5 a	69,1 a	69,6 a	72,5 a	70,3 a	69,5 a
22	67,8	69,2 a	68,0 a	68,4 a	71,1 a	68,7 a	68,2 a
24	67,6	68,1 a	67,2 a	67,4 a	67,4 a	67,7 a	67,5 a

Comparação com a telha padrão - As medias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Nos Quadros 5 e 6 estão relacionados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível das aves, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas abertas e fechadas, respectivamente.

Como se sabe, a carga térmica radiante é um dos fatores do ambiente térmico animal que compõem o ITGU, sendo grandemente influenciada pelo tipo de cobertura da instalação. Desta forma, sua

mensuração é importante para concluir sobre a eficiência dos diversos tipos de coberturas.

Considerando os horários de maior incidência de radiação solar, das 10:00 às 16:00 horas, pode-se verificar no Quadro 8 que todos os tipos de cobertura possibilitaram valores estatisticamente maiores de carga térmica radiante, quando comparados às telhas de barro (teste Dunnett), os quais contribuíram para o desconforto térmico no interior das instalações.

Quadro 5. Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	394,5	406,6 a	407,4 a	406,2 a	406,9 a	406,7 a	407,9 a
2	389,7	404,8 a	404,1 a	402,9 a	403,8 a	405,0 a	405,0 a
4	385,3	402,2 a	401,6 a	401,5 a	401,3 a	401,9 a	402,0 a
6	410,0	412,3 a	408,2 a	411,5 a	413,1 a	418,6 a	418,8 a
8	634,5	427,2 a	430,9 a	433,0 a	434,3 b	435,1 b	435,0 b
10	647,8	445,4 a	448,6 a	450,1 a	453,6 b	451,3 a	451,4 a
12	714,2	451,1 a	458,8 b	459,6 b	463,1 b	459,4 b	461,1 b
14	789,4	452,8 a	467,7 b	463,9 b	464,6 b	464,7 b	465,7 b
16	726,4	453,7 a	462,2 b	461,1 b	463,3 b	459,2 a	458,6 a
18	570,4	438,9 a	445,6 a	444,2 a	442,6 a	438,8 a	435,0 a
20	394,0	418,2 a	419,0 a	417,3 a	418,3 a	418,5 a	418,5 a
22	394,4	411,4 a	412,2 a	411,8 a	412,1 a	412,3 a	412,2 a
24	394,5	406,6 a	407,4 a	406,2 a	406,9 a	406,7 a	407,9 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Quadro 6. Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	399,6	413,1 a	409,9 a	409,5 a	409,2 a	413,1 a	409,7 a
2	393,4	410,6 a	408,3 a	408,2 a	408,0 a	412,2 a	407,6 a
4	390,0	408,7 a	405,5 a	405,8 a	405,5 a	409,4 a	405,4a
6	396,7	411,2 a	407,4 a	408,9 a	410,5 a	414,4 a	411,0 a
8	510,6	436,5 a	441,8 a	439,4 a	442,5 a	444,7 a	439,7 a
10	617,8	451,6 a	468,5b	458,0 a	459,9 a	466,5b	461,9b
12	708,3	468,6 a	487,0b	476,8 a	478,7b	484,1b	478,6b
14	811,7	482,6 a	510,1b	493,3b	495,3b	494,7b	489,8 a
16	757,4	481,1 a	500,0b	488,8 a	489,3 a	491,7b	485,4 a
18	478,5	447,5 a	451,5 a	449,0 a	448,7 a	450,2 a	443,7 a
20	395,1	422,1 a	418,4 a	418,0 a	416,5 a	422,1 a	417,6 a
22	390,4	416,3 a	412,7 a	413,2 a	412,7 a	416,3 a	412,9 a
24	399,6	413,1 a	409,9 a	409,5 a	409,2 a	413,1 a	409,7 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Nas Figuras 10 e 11 estão representados os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas abertas e fechadas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Percebe-se, com base nos dados acima, que os valores de CTR são bastante homogêneos ao longo do dia entre todos os tipos de cobertura ao nível

das aves com as cortinas abertas e fechadas. Outro fato é a capacidade das instalações em atenuar a CTR exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia. Em horário próximo às 13:00 horas, no caso das cortinas abertas, a redução ou amortecimento da carga térmica radiante chega a ser de 37 a 40%, dependendo do tipo de cobertura, incluindo a de barro. Nas instalações em que as cortinas estiveram fechadas, a redução ou

amortecimento da carga térmica radiante esteve em torno de 30 a 36%.

Da mesma forma como para cortinas abertas, considerando os horários de maior incidência de radiação solar de 10:00 às 16:00 horas, verificou-se que todos os tipos de cobertura, em condições de cortinas fechadas, possibilitaram valores estatisticamente diferentes de carga

térmica radiante, quando comparados às telhas de barro (teste Dunnett), com exceção de uma ou outra cobertura em alguns horários. Entre 10:00 e 16:00 horas, todas as coberturas possibilitaram, em todo o período considerado, valores maiores de carga térmica radiante (CTR) quando comparadas com a cobertura com telhas de barro.

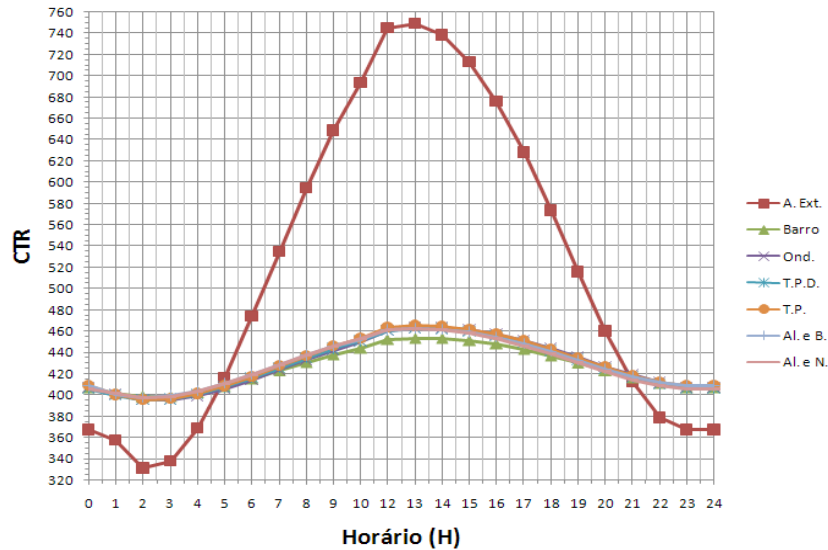


Figura 10. Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas.

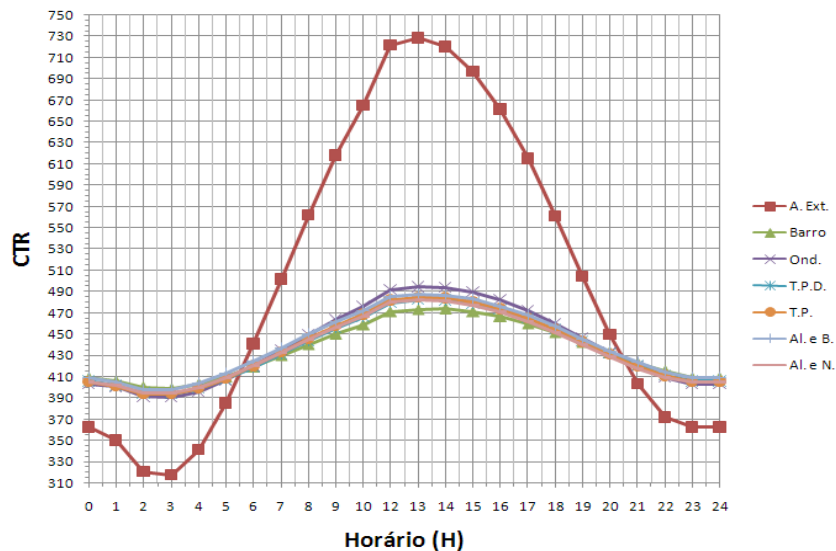


Figura 11. Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

Nos Quadros 7 e 8 estão apresentados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível dos bovinos, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas abertas e fechadas.

No que tange às cortinas abertas, nos horários de 10:00 às 16:00 horas (representando maior incidência térmica) pode-se verificar que, de 20 observações consideradas, 13 foram

estatisticamente iguais ao padrão cobertura de barro, e somente 7 observações apresentaram valores de CTR estatisticamente maiores que o padrão. Entre as coberturas que se comportaram de modo estatisticamente igual ao padrão (teste Dunnett), no período considerado, está Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior.

Em relação aos valores de CTR, com as cortinas das instalações fechadas, nos mesmos

Quadro 7. Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	394,5	407,9 a	407,9 a	405,8 a	406,9 a	407,1 a	406,0 a
2	389,7	406,3 a	405,4 a	402,5 a	404,0 a	404,2 a	402,6 a
4	385,3	403,3 a	401,9 a	401,5 a	401,0 a	401,6 a	400,5 a
6	410,0	413,1 a	408,2 a	410,6 a	410,7 a	417,4 a	416,4 a
8	634,5	429,2 a	433,7 a	431,9 a	433,4 a	426,6 a	431,8 a
10	647,8	445,9 a	447,4 a	449,6 a	452,6 a	453,2 a	448,5 a
12	714,2	453,9 a	454,4 a	460,7 a	463,4b	463,3 b	457,8 a
14	789,4	457,1 a	471,2b	464,9b	465,4b	468,5 b	463,6 a
16	726,4	458,2 a	467,3b	462,2 a	464,5 a	462,7 a	455,9 a
18	570,4	440,4 a	448,1b	444,2 a	442,1 a	439,9 a	432,2 b
20	394,0	419,6 a	419,0 a	416,9 a	417,2 a	418,8 a	416,1 a
22	394,4	412,6 a	412,7 a	411,4 a	411,8 a	412,3 a	410,0 a
24	394,5	407,9 a	407,9 a	405,8 a	406,9 a	407,1 a	406,0 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Quadro 8. Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	399,6	413,1 a	409,9 a	408,9 a	408,6 a	410,0 a	409,7 a
2	393,4	410,3 a	408,6 a	408,2 a	407,1 a	408,7 a	407,6 a
4	390,0	408,1 a	406,1 a	405,1 a	405,5 a	406,3 a	405,4 a
6	396,7	411,2 a	407,4 a	408,9 a	409,2 a	411,9 a	411,6 a
8	510,6	435,2 a	442,5 a	439,4 a	441,1 a	443,3 a	440,3 a
10	617,8	451,6 a	469,9b	458,0 a	458,4 a	463,6b	461,9 a
12	708,3	468,6 a	489,3b	476,8 a	479,5 a	481,8b	479,3 a
14	811,7	486,3 a	510,9b	493,3 a	493,8 a	494,7 a	489,8 a
16	757,4	482,6 a	501,6b	489,6 a	489,3 a	490,2 a	486,1 a
18	478,5	448,8 a	452,2 a	449,7 a	446,6 a	447,5 a	443,7 a
20	395,1	422,1 a	418,4 a	418,0 a	437,8b	420,1 a	417,6 a
22	390,4	416,3 a	412,7 a	412,3 a	432,1b	413,4 a	412,9 a
24	399,6	413,1 a	409,9 a	408,9 a	408,6 a	410,0 a	409,7 a

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

horários citados anteriormente, de 20 observações consideradas, 14 foram estatisticamente iguais ao padrão cobertura de barro, e somente 6 observações apresentaram valores de carga térmica radiante estatisticamente maiores que o padrão. Entre as coberturas que se comportaram de modo estatisticamente diferente em relação ao padrão (teste Dunnett), possibilitando maiores valores de carga térmica radiante no período considerado,

estão Ond. – fibra vegetal e betume, das 10:00 às 16:00 horas e Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, das 10:00 às 12:00 horas.

Nas Figuras 12 e 13 representam-se os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas abertas e fechadas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

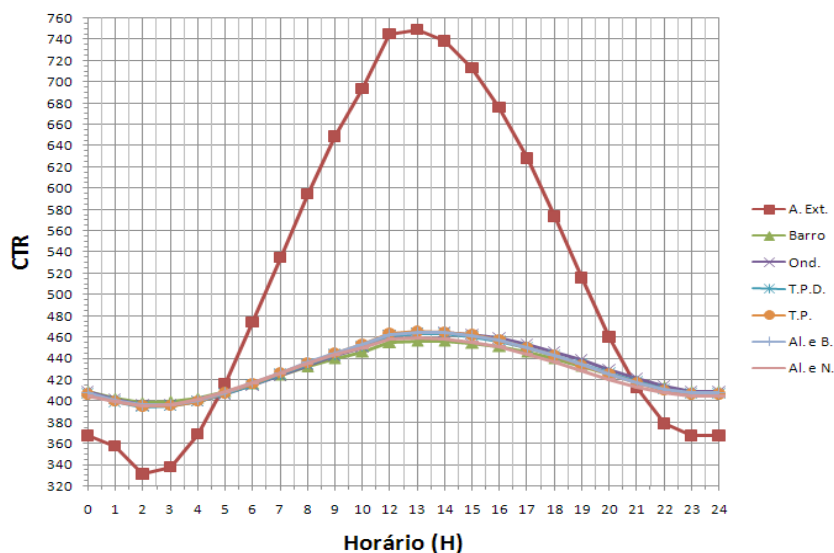


Figura 12. Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas.

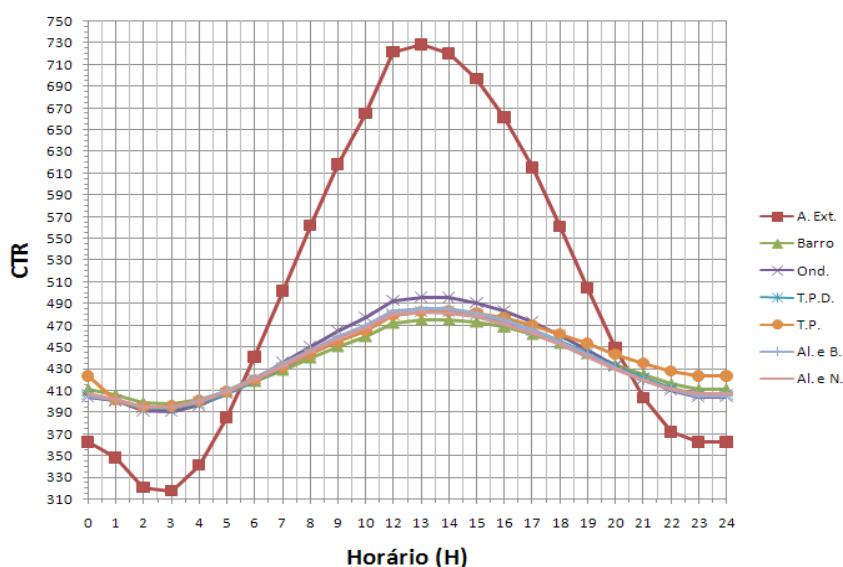


Figura 13. Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

Tanto na Figura 12 como na Figura 13 verifica-se homogeneidade nos valores estimados da CTR e a capacidade de sua atenuação por parte das diferentes instalações. Naquelas instalações em que as cortinas estiveram abertas, a redução ou amortecimento esteve em torno de 37 a 40%, dependendo do tipo de cobertura; já nas instalações que tiveram as cortinas fechadas, essa redução ou amortecimento da CTR alcançou valores entre 33 a 36%.

A Efetividade Térmica foi determinada com base nos resultados de carga térmica radiante, empregando-se a Equação (4). No Quadro 9 apresentam-se os valores médios da Efetividade Térmica para os diversos tipos de cobertura, ao nível das aves, referentes aos modelos com cortinas abertas e, no Quadro 10, os valores relativos ao nível dos bovinos.

De acordo com a Equação (4), as coberturas que apresentam o mesmo desempenho térmico em relação à de barro apresentam efetividade térmica igual a 1, coberturas com melhor desempenho apresentam valores maiores do que 1 e coberturas com pior desempenho, valores menores do que 1, sendo estas informações mais importantes principalmente nas horas do dia com maior incidência de radiação solar sobre as edificações, por exemplo, entre 10:00 e 16:00 horas.

Considerando os horários mencionados, em geral todas as coberturas apresentaram desempenho ligeiramente inferior à cobertura de barro ao nível das aves, com pequenas diferenças entre uma e outra.

Pode-se verificar ainda que a mesma situação se repetiu ao nível dos bovinos. Salienta-se, ainda, que se esperava melhor desempenho das telhas alternativas com acabamento aluminizante, uma vez que elas possuem superfícies com alto poder reflexivo na face exterior, mas as expectativas não se confirmaram provavelmente pelo desprendimento da película de alumínio do corpo da telha, fato observado durante o experimento, persistindo, com isso, avaliações acerca de questões de durabilidade dessas telhas.

Objetivando auxiliar na tomada de decisão na escolha entre tipos de cobertura, elaborou-se o Quadro 11, no qual estão apresentados as diferenças estimadas de custos das coberturas, em que são considerados gastos com materiais e mão de obra em relação ao telhado com cobertura de barro.

Com base nos valores acima, percebe-se que os telhados feitos com as telhas Al. e B. e com as telhas Al. e N. são os de menor custo inicial, com valores, respectivamente, 45, 5 % e 47, 7 % menores em relação ao telhado com telha de barro. Sequencialmente, tem-se o telhado com telha T.P., com custo 41, 2 % menor que o do telhado com cobertura de barro.

Em termos de engradamentos dos telhados, observou-se que a diferença de custo entre o engradamento das telhas de barro e os das telhas alternativas é de R\$ 43.642,02, 34,44% menor para os engradamentos das telhas alternativas, o que pode contribuir relevantemente na redução do custo da estrutura destes telhados.

Quadro 9. Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível das aves, referentes aos modelos com cortinas abertas

Horas	Barro	Ond.	T.P.D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	1,00	1,09	0,98	1,06	1,06	1,17
2	1,00	0,95	0,80	0,88	1,05	0,99
4	1,00	0,97	0,96	0,94	0,98	0,98
6	1,00	0,98	1,00	1,00	0,96	0,96
8	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95
10	1,00	0,82	0,87	0,73	0,85	0,89
12	1,00	0,97	0,97	0,95	0,97	0,96
14	1,00	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96
16	1,00	0,97	0,97	0,96	0,98	0,98
18	1,00	0,94	0,95	0,95	0,99	1,03
20	1,00	1,07	0,99	1,05	1,04	1,05
22	1,00	1,06	1,04	1,05	1,06	1,05
24	1,00	1,09	0,98	1,06	1,06	1,17

Quadro 10. Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível dos bovinos, referentes aos modelos com cortinas abertas

Horas	Barro	Ond.	T.P.D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.
0	1,00	1,01	0,82	0,93	0,92	0,84
2	1,00	0,92	0,71	0,82	0,85	0,83
4	1,00	0,91	0,89	0,87	0,90	0,82
6	1,00	1,03	1,01	1,01	0,98	0,98
8	1,00	0,97	0,98	0,97	1,06	0,98
10	1,00	0,96	0,93	0,82	0,81	0,95
12	1,00	0,97	0,97	0,96	0,96	0,98
14	1,00	0,96	0,98	0,98	0,96	0,98
16	1,00	0,97	0,99	0,98	0,98	1,01
18	1,00	0,93	0,96	0,98	0,99	1,08
20	1,00	0,99	0,90	0,91	1,00	0,86
22	1,00	1,01	0,94	0,96	0,99	0,85
24	1,00	1,01	0,82	0,93	0,92	0,84

Quadro 11. Diferenças de custos dos telhados, envolvendo material e mão de obra, das diversas coberturas em estudo em relação ao telhado de telhas de barro

Coberturas	Diferença de custos (%)
Barro	0
Ond	- 14,5
T. P. D.	- 26,4
T.P.	- 41,2
Al. e B.	- 45,5
Al. e N.	- 47,7
Al. e N. Sc.	- 40,3

Fonte: Consultas no mercado, outubro de 2010; revista informador das construções, agosto de 2010

CONCLUSÕES

- Considerando o Índice de Temperatura de globo negro e umidade, tanto ao nível das aves como dos bovinos, as condições térmicas ambientais no interior dos modelos foram equivalentes ao longo do dia e a condição de cortina fechada permitiu ampliar as diferenças entre os diversos tipos de coberturas. Nos horários mais quentes do dia, foram exceções, com valores de ITGU acima em relação à cobertura de barro, os ambientes térmicos internos propiciados pelas coberturas Onduline – fibra vegetal e betume, cobertura reciclada de Tetra Pak e cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior. Em condições de cortina fechada, as coberturas foram apenas razoáveis em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior, ficando por conta da cobertura de barro os melhores resultados;
- Considerando a carga térmica radiante fator importante nas condições térmicas ambientais internas das instalações, no nível das aves e dos bovinos, verificou-se que no geral ocorreu semelhança entre resultados, porém com diferenças mais amplificadas entre as diversas instalações quando as cortinas estavam fechadas, e que, no período quente do dia, os menores valores de carga térmica estiveram associados à cobertura de barro. A capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais variou de 37 a 40%, dependendo do tipo de cobertura;
- Tomando como base a Efetividade Térmica das coberturas nos horários mais quentes do dia, em geral, todas as coberturas apresentaram

desempenho ligeiramente inferior à cobertura de barro, com pequenas diferenças entre uma e outra, tanto para o nível das aves como para o dos bovinos, o que caracteriza a possibilidade do uso das coberturas de materiais alternativos para atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais;

- Considerando a redução nos custos iniciais estimados para os diversos telhados, em comparação ao com cobertura de barro, chegou-se a 47,7% para o telhado com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 45,5% para o telhado com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior e 41,2% para o telhado com cobertura de material reciclado Tetra Pak; e
- Devido aos problemas de durabilidade das telhas Reciplac aluminizadas, a melhor telha recomendada para utilização em instalações de produção animal é a de material reciclado Tetra Pak.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. **Estudo das condições climáticas para a produção de aves, no Estado de Goiás**. 2006. Disponível em: <www.nordesterrural.com.br>. Acesso em: 10 Abr. 2010.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais** – conforto animal. Viçosa: UFV, 1997. 246p.
- FIGLIOLI, J.; MORCELLI, J.A.B.; VAZ, R.I.; DIAS, A.A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.2, p.204–209, 2009.
- GOMES, C.A.V.; FURTADO, MEDEIROS, D. A.; SILVA, A.N.; D.S.; FILHO, E.C.P.; JÚNIOR, V. de L. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.2, p.213–219, 2008.
- INFORMADOR DAS CONSTRUÇÕES. Belo Horizonte: Casa de Minas, ano 54, edição 1604, agosto. 2010.
- JÁCOME, I. M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; SILVA, J.H.V.; MOURA, J.F.P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.5, p.527–531, 2007.
- JENTZSCH, R. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- KAWABATA, C.Y.; CASTRO, R.C., SAVASTANO JUNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Eng. Agríc.** vol. 25, n.3, p. 598-607. 2005,
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- MATARAZZO, S.V.; SILVA, I.J. O.; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S.A. de A. Intermitência do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo por Aspersão em Instalação para Vacas em Lactação. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.654-662, set./dez. 2006.
- MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 277-286, out/dez. 2005.
- OLIVEIRA, F. M. M.; DANTAS, R.T.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO J.W.B.; MEDEIROS, A. N. Parâmetros de Conforto Térmico e Fisiológico de Ovinos Santa Inês, sob Diferentes Sistemas de Acondicionamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.4, p.631-635, 2005.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p. 797-803, 2006.

RIVERO, R.O. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzato, 1986. 240p.

ROCHA, A. **Brasil pode triplicar a exportação de ovos.** Disponível em: <www.anba.com.br/noticia_agronegocios.kmf?cod=9787995>. Acesso em: 27 set. 2010.

VELOSO, N.M. **Alojamento de Cachaços em Instalações Climatizadas: análise do Desempenho Reprodutivo e do Uso de Energia Elétrica.** 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2008.