

DESEMPENHO TÉRMICO DE INSTALAÇÕES PARA OVINOS PROVIDAS DE FORROS TÉRMICOS CONFECCIONADOS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS

LUANA DE FÁTIMA DAMASCENO DOS SANTOS¹, DERMEVAL ARAÚJO FURTADO^{2*}, JOSÉ PINHEIRO LOPES NETO³, JOSÉ HENRIQUE SOUZA COSTA⁴, ELITON BEZERRA BARBOSA⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, luana_jppb@yahoo.com.br

²Dr. Professor da UFCG, Campina Grande-PB, dermeval@deag.ufcg.edu.br

³Dr. Professor da UFCG, Campina Grande-PB, lopesneto@gmail.com

⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, josehenrique.ufcg@gmail.com

⁵Graduando em Engenharia Civil, UEPB, Araruna-PB, elitonbezerra@live.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016

29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: objetivou-se avaliar o desempenho térmico de instalações providas de forro térmico confeccionado a partir de materiais alternativos. O experimento foi desenvolvido em Cabaceiras/PB e constou-se de 60 dias experimentais. Uma instalação foi dividida em 6 piquetes de 11m² cada, cobertas por telhas de fibrocimento, sendo os tratamentos sem forro (controle), forro à base de E.V.A. e forro a base de embalagens longa vida. As coletas das variáveis climáticas foram obtidas a partir da temperatura de bulbo seco (T_{bs}), bulbo úmido (T_{bu}) e globo negro (T_{gn}), para cálculo do ITGU, durante 24h e dividido em turnos (manhã e tarde). Houve interação tripla ($P < 0,05$) das temperaturas obtidas para os tratamentos, turnos e sensores de T_{bs} , sendo o forro E.V.A. responsável por proporcionar melhores condições de conforto no interior das instalações, por apresentar diminuição da temperatura interna, na ordem de 31,3 °C a 29,5 °C. Os resultados de ITGU apresentaram integração dupla entre turnos e tratamentos ($P < 0,05$), superiores à tarde, e aquelas instalações providas de forro E.V.A. evidenciaram menor ITGU (81,4). As instalações providas de forro à base de E.V.A. proporcionaram melhores condições climáticas no interior das instalações, podendo ser um material empregado como barreira física para proteção térmica.

PALAVRAS-CHAVE: condições climáticas, inércia térmica, semiárido.

THERMAL PERFORMANCE FACILITIES PROVIDED FOR SHEPP LINER THERMAL MADE-UP FROM ALTERNATIVE MATERIALS

ABSTRACT: aimed to evaluate the thermal performance of facilities provided thermal liner made from alternative materials. The experiment was developed in Cabaceiras / PB and consisted to 60-day trial. An installation was divided into 6 paddocks of 11m² each, covered with tiles of the treatments unlined (control), lining the base E.V.A. and lining the base of long-life packaging. Samplings of climate variables were obtained from the dry bulb temperature (T_{bs}), wet bulb (T_{bu}) and black globe (T_{gn}) to calculate the ITGU), for 24 hours and split shifts (morning and afternoon). There was a triple interaction ($P < 0.05$) the temperatures obtained for the treatments shifts and T_{bs} sensors, being the liner E.V.A. the material responsible for providing better conditions for thermal comfort inside the premises, to present decrease in internal temperature between the sensors in the order of 31,3 °C to 29,5 °C. The results showed double integration ITGU between shifts and treatments ($P < 0.05$) higher in the afternoon, and those facilities provided lining E.V.A. They showed lower ITGU (81.4). The facilities provided lining the base E.V.A. provided better climatic conditions inside the premises, this may be a material used as a physical barrier for thermal protection.

KEYWORDS: climatic conditions, thermal inertia, semiarid.

INTRODUÇÃO

Os alicerces da produção animal baseiam-se nos quesitos genético, nutrição, sanidade e ambiência, sendo a última de amplo aspecto e envolvendo os requisitos quanto às instalações e o meio que circunda o animal. As instalações rurais devem garantir o máximo de conforto térmico ao animal e possibilitar sobrevivência deste nas variações climáticas das regiões, pois segundo Souza et al. (2012), o clima exerce efeito sobre o bem-estar animal, e conseqüentemente sobre a produção e produtividade, sendo o fator regulador ou mesmo limitador da exploração animal para fins econômicos.

O telhado é o principal elemento que auxilia na proteção da radiação solar incidente direta, e deve fornecer condições de conforto no interior das instalações. A utilização de forro entra como importante estratégia para minimização do fluxo de calor do telhado para o ambiente interno, por agir como segunda barreira física, e conforme Silva (2013) permitirá a formação de camada de ar móvel junto à cobertura, contribuindo para a transferência de calor.

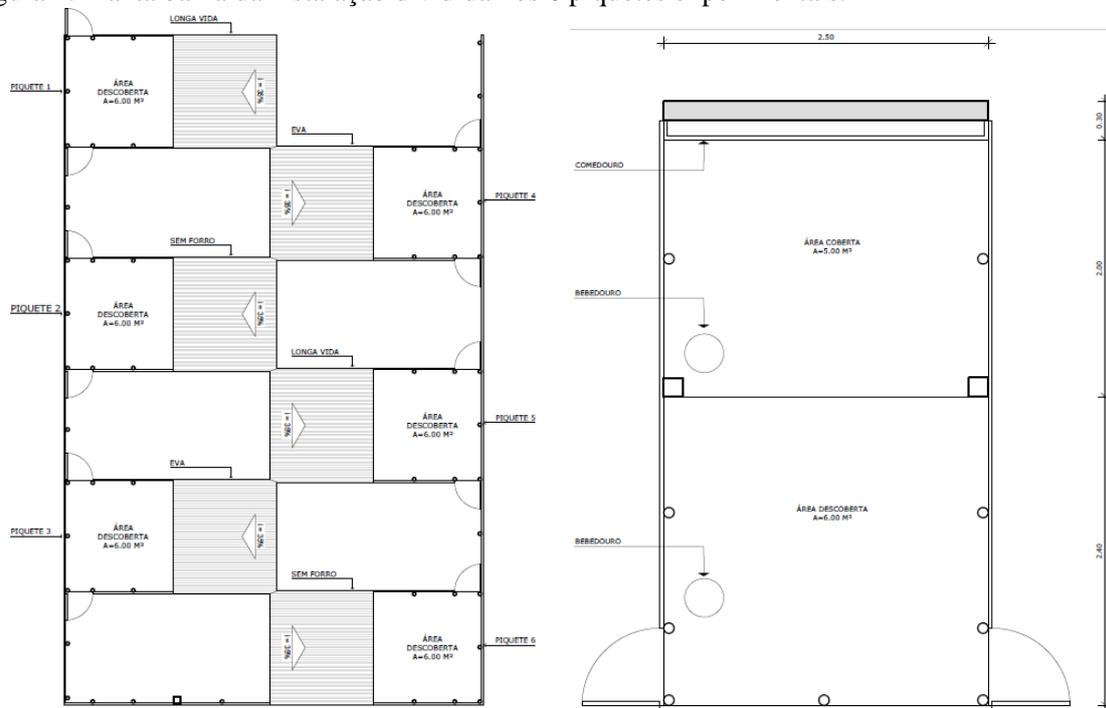
Os materiais de cobertura devem apresentar alta refletividade, baixa condutividade e emissividade, sendo o alumínio e E.V.A. (Etileno Acetato de Vinila) materiais que podem ser empregados na cobertura ou como forro térmico, proporcionando condições de conforto térmico ideais no interior das instalações. Objetivou-se a partir deste trabalho avaliar o desempenho térmico de instalações providas de forros térmicos confeccionados por materiais alternativos no semiárido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Cabaceiras/PB, cujas coordenadas geográficas são 07°29'20''S e 36°17'13''W. O clima da região é Bsh (quente e seco, com distribuição irregular de chuvas) e temperatura média máxima e mínima de 30,8 °C e 20,1 °C, respectivamente. A pesquisa foi desenvolvida no período de 09/dez a 06/fev de 2016, totalizando 60 dias experimentais.

Uma instalação de 15,5mX8,40 e 2,70m de pé-direito foi modificada, sendo a mesma dividida em 6 piquetes com dimensão de 4,40mX2,50m e 2,70m de pé-direito (11m²), com 5m² de área coberta e 6m² descoberta, sentido leste-oeste a base de telhas de fibrocimento sem amianto (Figura 1).

Figura 1. Planta baixa da instalação dividida nos 6 piquetes experimentais.



Os tratamentos consistiram em instalações com: $T_{s/forro}$: telhas fibrocimento sem forro térmico (controle), T_{LV} : telhas de fibrocimento + forro a base de embalagens longa vida e T_{EVA} : telhas de fibrocimento + forro a base de E.V.A. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com fatorial 3 (tratamentos) x 3 (sensores) x 2 (turnos), com duas repetições. As placas de forro

térmico foram confeccionadas a partir de reciclagem de embalagens longa vida, fixadas umas a outras por cola e nylon, bem como resíduo calçadista, o E.V.A., triturado para uniformidade das partículas.

O E.V.A. foi alocado em formas de aço lubrificadas (40cmX35cmX8cm) e levado a estufa durante 8 horas a 150°C. Após o período, as placas foram retiradas da estufa e colocadas à temperatura ambiente para resfriamento e desmolde da placa. As placas foram fixadas a 0,70cm da telha de fibrocimento, e todas as fachadas do forro da cobertura (norte, sul, leste e oeste) foram vedadas com lona plástica, de modo a proporcionar a formação de um bolsão de ar.

As coletas das variáveis climáticas consistiram em T_{bs} (temperatura de bulbo seco), T_{bu} (temperatura de bulbo úmido) e T_{gn} (temperatura de globo negro) para cálculo do índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) através de datalogger, modelo CR1000 a qual foram conectados 30 termopares do tipo 'T' (cobre e constantan). O ITGU foi calculado utilizando a equação proposta por Buffington et al. (1981). O sistema foi programado para realizar coletas durante intervalo de 5 minutos e média a cada 30 minutos, durante 24h.

Os sensores de temperatura foram distribuídos de forma homogênea em todos os piquetes localizados no centro geométrico. Atenção especial foi dada aos sensores de T_{bs} , uma vez que aferiu em diferentes pontos (T_{bs1} - bolsão de ar formado entre a telha e o forro; T_{bs2} - após 20 cm do forro térmico e T_{bs3} - numa altura corresponde ao centro geométrico de ovinos).

O período das 24 horas de coletas dos dados foi dividido em turnos, agrupando os horários em turno 1 (06h00 às 12h00) e turno 2 (12h30 às 18h). Não houve tal divisão para o restante dos horários em função da menor amplitude térmica existente entre eles (Tabela 1).

Tabela 1. Amplitude térmica existente para a divisão dos turnos de avaliação

Turnos com horários	Amplitude térmica (°C)
Turno 1 (06h00 às 12h00)	5,74
Turno 2 (12h30 às 18h00)	6,05
18h30 às 05h30	0,29

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa computacional SAS® versão 9.4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância relevou interação tripla significativa ($P < 0,05$) entre os turnos (manhã e tarde), os tratamentos (Sem forro, E.V.A. e Longa vida) e disposições dos sensores de temperatura de bulbo seco (T_{bs1} , T_{bs2} e T_{bs3}) (Tabela 2). As temperaturas avaliadas foram elevadas durante a manhã, com pouca oscilação e variando em menos de 1 °C entre os turnos. O resultado correlaciona-se com a temperatura ambiental externa (31,0 °C na manhã), pois seu aumento influenciará na temperatura interna da instalação. Dentro dessa premissa, Costa (2015) ao trabalhar com instalações de telhas de fibrocimento acrescido a forro, observaram a elevação da temperatura interna das instalações à medida que a temperatura ambiente externa elevava. As temperaturas obtidas entre os turnos encontram-se dentro da faixa ideal para criação de ovinos, que segundo Baêta & Souza (2010) situa-se entre 15 °C e 30 °C.

Resultado distinto nas instalações a base de E.V.A., com maior média da temperatura no turno da tarde (31,3 °C), fato relacionado provavelmente a maior inércia térmica do material assim como sua cor (preta), pois permite maior absorção da irradiação advinda do solo e ainda a energia térmica existente no bolsão de ar, fato também observado por Camerini et al. (2009) ao trabalharem com instalações a base de E.V.A.

Dentro dos tratamentos, a maior temperatura foi obtida para as instalações a base de forro térmico com E.V.A., com 31,0 °C e 31,3 °C manhã e tarde, respectivamente, no T_{bs1} (bolsão de ar). A alta condutividade térmica da telha de fibrocimento (0,65), segundo a NBR 15220:2 (2005) permitiu maior transferência da energia térmica para o bolsão de ar, fazendo com que o forro executasse sua principal função, absorver parte da energia transmitida pela telha, e suas propriedades de isolamento térmico, como a condutividade térmica (κ) = 0,25 W/(m.K) conforme descrito na NBR 15220:2 (2005) garantiu tal material executar a função de barreira física importante, e pode ser traçada como um bom isolante térmico, pois quanto menor o valor de (κ), melhor será a sua resistência térmica.

Tabela 2. Médias dos dados de temperatura do ar (°C) obtidos pelos diferentes sensores de bulbo seco (Tbs₁, Tbs₂ e Tbs₃) dentro dos tratamentos (E.V.A., LV e Sem forro) para os turnos (manhã e tarde)

Turnos	Temperatura do ar (°C)			Média
	E.V.A.			
	Tbs1	Tbs2	Tbs3	
Manhã	31,0 ^{BaA'}	29,5 ^{AaC'}	30,0 ^{AaB'}	30,2
Tarde	31,3 ^{AaA'}	28,4 ^{BaC'}	29,5 ^{BaB'}	29,7
Média	31,15	28,95	29,75	
	Longa vida			Média
	Tbs1	Tbs2	Tbs3	
	Manhã	29,6 ^{AbAB'}	29,4 ^{AaB'}	
Tarde	29,2 ^{BbAB'}	28,9 ^{BaB'}	29,3 ^{BaA'}	29,1
Média	29,40	29,15	29,55	
	Sem forro			Média
	Tbs1	Tbs3		
	Manhã	29,4 ^{AbB'}	29,9 ^{AaA'}	
Tarde	28,9 ^{BbA'}	28,9 ^{BbA'}	28,9	
Média	29,15	29,4		
Manhã	Ambiente Externo			
	31,05			
Tarde	29,88			

Médias seguidas de mesma letra (maiúsculas) na coluna, minúscula (coluna – para o mesmo parâmetro) e maiúscula' (linha – para o mesmo parâmetro) não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para o mesmo parâmetro; Turnos¹: Manhã (06h00 às 12h00), tarde (12h30 às 18h00)

Foi registrada, entre os sensores, maior temperatura média nas instalações a base de E.V.A., no T_{bs1} (31,1 °C), seguida de sua diminuição (T_{bs2}, 28,9 °C), porém o sensor localizado na altura do centro geométrico dos animais expressou elevação da temperatura, através do T_{bs3} (29,7 °C). Dentro dos aspectos funcionais, o forro a base de E.V.A. permitiu redução da temperatura transmitida ao animal, com Tbs₁ (31 °C) para Tbs₂ (29,5 °C) durante o período da manhã e Tbs₁ (31,3 °C) e Tbs₂ (28,4 °C) à tarde, com redução de 1,5 °C e 2,9 °C, respectivamente. Aliado a redução da temperatura entre os sensores 1 a 2, percebe-se elevação da mesma no T_{bs3} com 30,0 °C e 29,5 °C para o turno da manhã e tarde, respectivamente, com elevação em termos de 0,5 °C e 1,1 °C. Essa elevação justificava-se pela radiação solar indireta, que principalmente no período da tarde, incide no interior das instalações, aumentando a T_{bs3}.

Utilizando o E.V.A. como matéria prima do forro térmico, Costa (2015) observou redução térmica na utilização do referido material no interior das instalações, enfatizando a eficiência no uso desse material, e o alcance das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dos animais. Houve interação entre os tratamentos (E.V.A., LV e sem forro) (P<0,05) e os turnos (manhã e tarde) para o índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) (Tabela 3).

Analisando o efeito dos turnos sobre o ITGU, houve elevação deste durante a manhã, esboçando média geral 83,07 vs 81,32 obtido pela tarde. Tais resultados atribuem-se as condições climáticas no decorrer do dia e acentuação desta no turno correspondente. Relatos semelhantes foram observados por Cordão et al. (2010) ao atribuírem a acentuação do ITGU ao aumento da temperatura ambiente no turno específico.

As instalações à base do forro E.V.A. evidenciaram ITGU inferior, atingindo médias na ordem de 82,7 e 80,2, para manhã e tarde, respectivamente, diferente ao ocorrido para as instalações à base de longa vida e sem forro, com valores superiores, com 82,9, 81,8 e 83,5, 81,8 para manhã e tarde, respectivamente. Porém, mesmo apresentando menor índice, o forro não foi suficiente para diminuir o índice até o limite considerado dentro da zona de termoneutralidade para a espécie em questão.

Tabela 3. Médias obtidas do índice de temperatura globo negro e umidade (ITGU) em função dos tratamentos (E.V.A., longa vida e sem forro) e turnos (manhã e tarde) durante o período experimental

Tratamentos	ITGU		Média geral	CV (%)
	Turnos			
	Manhã	Tarde		
E.V.A.	82,72 ^{bA}	80,22 ^{bB}	81,47	1,81
Longa vida	82,98 ^{abA}	81,87 ^{aB}	82,42	
Sem forro	83,51 ^{aA}	81,87 ^{aB}	82,69	
Média geral	83,07	81,32		
CV (%)	1,38			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para o mesmo parâmetro

Ao trabalharem com forro E.V.A. Camerini et al. (2009) observaram redução do ITGU nas instalações providos com tal material, porém observaram valores inferiores ao encontrado no presente estudo, com valor máximo à tarde (77,0), pois tal resultado empregou-se principalmente as condições externas do local de estudo.

Porém, a literatura científica é vasta de trabalhos que permitem concluir pequena alteração no desempenho bem como no comportamento de ovinos nativos quando submetidos a condições de ITGU acima da considerada como zona de conforto térmico para ovinos (Costa et al., 2014) validando situação confortável para os animais submetidos no presente estudo, principalmente para a condição de instalações com forro a base de E.V.A.

CONCLUSÃO

As instalações providas de forro à base de E.V.A. proporcionaram melhores condições climáticas no interior das instalações, podendo ser um material utilizado como segunda barreira física para proteção térmica, auxiliando nas condições térmicas ideais para a criação de ovinos nativos.

REFERÊNCIAS

- Baêta, F. C.; Souza, C. *Ambiências em edificações rurais; Conforto animal*. 2 ed. Viçosa. Editora UFV, 2010. 269p.
- Buffington, D. E.; Collazoa-Rocho, A.; Canton, G. H. Pitt, D.; Thatcher, W. W.; Collier, R. J. 1981. Black Globe-Humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, v. 24, p.711-714, 1981.
- Camerini, N.L.; Nascimento, J.W.B do.; Fook, M.V.L.; Soares, E.A.; Silva, F.A.S. Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.4, n.2, p.40-47, 2009.
- Cordão, M. A.; Souza, B. B. de.; Pereira, G. M.; Bakke, O. A.; Silva, A. M. de A.; Lopes, J. J. Respostas fisiológicas de cordeiros Santa Inês em confinamento à dieta e ao ambiente físico no trópico semiárido. *Agropecuária Científica do Semiárido*, v.6, n.1, p.47-51, 2010.
- Costa, J. H.S.; Palmeira, F.Q. de Q.G.; Silva, R.T.S.; Furtado, D.A.; Dantas, R.T.; Santos, L.F.D dos. Caracterização do ambiente térmico e adaptabilidade de reprodutores ovinos nativos e exóticos no cariri paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável*, v.9, n.3, p.350-355, 2014.
- Costa, R. F. Desempenho e eficiência térmica de placas tipo sanduíche de EVA + resíduos como forro de cobertura. *Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Campina Grande*, 2015. 116p.
- NBR, ABNT. "NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações, parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social." Rio de Janeiro, 2005.
- Silva, F. M. F. Estudo de materiais de isolamento térmico inovadores. *Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto*, 2013. 211p.
- Souza, P. T de.; Salles, M. G. F.; Araújo, A. A de. Impacto do estresse térmico sob a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. *Ciência Rural*, v.42, n.10, p.1888-1895, 2012.