

## Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA

N. L. Camerini<sup>1\*</sup>; J. W. B. do Nascimento<sup>1</sup>; M. V. L. Fook<sup>2</sup>; E. A. Soares<sup>1</sup>; F. A. S. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande – Paraíba.

<sup>2</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande – Paraíba

(Recebido em 29/04/2009; revisado em 02/06/2009; aceito em 18/06/2009)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

---

### Resumo:

Realizou-se um experimento com modelos reduzidos de instalações agropecuárias em escala (1:10) com o objetivo de analisar o ambiente térmico. O conforto térmico foi avaliado por meio se Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiação (CTR). Dois modelos reduzidos foram construídos com telha de alumínio, sendo que em um dos modelos reduzidos era com forro (CF) de resíduo de EVA (Etileno-Acetato de Vinila) e o outro sem forro (SF). Os valores foram obtidos na altura do centro de massa dos animais, a cada 10 min durante 24 hs, durante os meses de inverno e verão. Os modelos reduzidos (CF) possibilitaram redução nos valores dos índices avaliados. Pode-se concluir que o modelo reduzido com forro proporcionou melhor ambiente térmico no interior do modelo reduzido.

**Palavras-chave:** forro; resíduo de EVA; conforto térmico; variáveis ambientais

---

### Abstract:

It was done an experiment with models of small-scale agricultural facilities (1:10) with the aim to assessing the thermal environment. The thermal comfort was evaluated by using the index of the Black Globe Temperature and Humidity (ITGU), Radiation Heat Load (CTR). Two reduced models were constructed with an aluminum roof, and in one of the reduced models was set a lining (CF) with residue of EVA (ethylene-vinyl acetate) and the other without lining (SF). The values were obtained at the center of the animals mass, every 10 min for a period of 24 hours, during the months of winter and summer. The reduced models (CF) allowed reduction in the values of the indices assessed. It can be concluded that the reduced model with lining (CF) provided better thermal environment.

**Keywords:** lining; residue of EVA; thermal comfort; environmental variables

---

\* E-mail: [nerandi@gmail.com](mailto:nerandi@gmail.com) (N. L. Camerini)

## 1. Introdução

O Brasil apresenta enorme área territorial e clima diversificado entre as regiões do país. Algumas possuem invernos caracterizados por temperaturas baixas e verões rigorosos e, em grande parte do país, verificam-se temperaturas elevadas durante todo ano, associadas a uma umidade relativa também alta [1].

Em países tropicais e subtropicais, o maior ganho térmico em edificações ocorre principalmente através da cobertura por ser a superfície mais exposta à radiação solar. O acréscimo na temperatura interna é percebido, principalmente, nas instalações que possuem telhas aparentes, ou seja, quando a mesma não possui forro (ou laje) para separar o espaço do restante da edificação. Sabe-se que, com o uso de telhas de cimento amianto, o desconforto térmico é maior do que nas telhas de argila, pois uma parte da energia que incide na superfície das telhas de barro é gasta no processo de evaporação da água, absorvida durante a noite devido à condensação do vapor de água existente no ar. Assim, o fluxo de calor que atinge o interior da instalação é menor se a instalação for comparada com a que tiver telhas de cimento amianto [2].

Uma das formas de propiciar melhores condições de conforto aos animais, especialmente nas horas mais quentes do dia, é o sombreamento natural ou artificial, que reduz a carga térmica de radiação incidente sobre o animal [3-4].

Dentre as possíveis estratégias para a redução da CTR (carga térmica de radiação) no interior de instalações zootécnicas, pode-se fazer uso de diferentes materiais de cobertura [5-9].

O EVA (Etileno-Acetato de Vinila) é obtido através do processo de copolimerização dos monômeros de acetato de vinila e etileno em um sistema de alta pressão. Os EVA's utilizados na indústria de calçados, em geral, possuem teores de acetato de vinila, variando entre 18% e 28% [10]. O EVA é um polímero semicristalino e de fácil reticulação. O EVA é amplamente usado na indústria calçadista como matriz polimérica em compostos associado com cargas minerais, óleos, aditivos químicos e agente de reticulação na confecção de placas expandidas para o corte de solados, palmilhas e entressolas [10]. O processo de obtenção destes itens gera um elevado teor de resíduo que não apresenta, atualmente uma aplicação efetiva de re-utilização que minimize o

problema ambiental gerado. Neste trabalho foi utilizado resíduo de EVA (Etileno-Acetato de Vinila) fornecido pela Indústria de Calçados Azaléia/BA. Este tipo de resina apresenta ótima miscibilidade com ceras, com parafinas e com agentes de pega, podendo fazer parte da composição de adesivos Hot-Melt (BRASKEM® S/A).

Em vista do exposto, este experimento teve por objetivo avaliar o conforto térmico de instalações agropecuárias destinadas à produção animal utilizando forro do resíduo de Etileno-Acetato de Vinila (EVA).

## 2. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados modelos físicos de instalações agropecuárias, construídos em escala reduzida, na área Experimental de Construções Rurais e Ambientais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, durante os meses de Julho à Setembro de 2008, nas coordenadas geográficas de a 7° 14' latitude Sul e 36° 12' longitude norte no agreste paraibano. O clima do município, segundo a classificação climática de Köppen, é AWi, caracterizado como clima tropical chuvoso (megatérmico) com total anual médio de chuva (P) em torno de 750 mm.

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), a carga térmica de radiação (CTR) e a efetividade (e) em relação à cobertura de alumínio.

O ITGU, desenvolvido por Buffington et al [11] atualmente é o índice mais adequado para prever as condições de conforto térmico em regiões quentes, em razão de incorporar a (temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR), velocidade do vento (V) e a radiação na forma de temperatura de globo negro, em um único valor, sendo calculado pela eq.(1):

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

em que,

$t_{gn}$  - temperatura de globo negro, K, e

$t_{po}$  - temperatura do ponto de orvalho, K.

Outro índice importante para a avaliação do ambiente térmico é a CTR que, segundo Bretas e D'Avila [12], pode ser determinada pela eq.(2):

$$CTR = s (T_m)^4 \quad (2)$$

em que,

s - constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8}$  W m<sup>-2</sup> K<sup>-4</sup>), e T<sub>m</sub> - temperatura média radiante, calculada pela eq.(3).

$$T_m = 100 [2,51 \cdot v^{1/2} \cdot (T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4]^{1/4} \quad (3)$$

### 2.1. Construção dos modelos em escala reduzida

Foram construídos dois modelos reduzidos em escala 1:10 [12] de instalações agropecuárias com cobertura de alumínio, conforme indicado na Figura 1.



Figura 1 - Modelos reduzidos

Na construção dos modelos, utilizou-se como base uma seção de uma instalação agropecuária, com 10,0 m de largura, 20,0 m de comprimento, pé-direito de 3,5 m. As águas das coberturas de telhas de alumínio tinham inclinação de 15°, tendo ambos os beirais de 1,0 m. Na confecção, foram utilizadas caibros de madeira com 5 cm de espessura. Após a construção, os modelos passaram a ter as dimensões de 1,0 m de largura, 2,0 m de comprimento. As faces leste e oeste dos galpões foram totalmente fechadas com isopor de 16mm de espessura.

### 2.2. Preparo e confecções das placas

O resíduo de EVA (Etileno-Acetato de Vinila) utilizado foi pesado e classificado na proporção de

1,250kg/placa. Após a pesagem, colocou-se em uma forma de aço, com dimensões de 40cm de comprimento por 35cm de largura e 8cm de altura, a qual foi uniformizada e, posteriormente, adicionou-se uma tampa de aço. Em seguida, adicionou-se uma carga de 8 kg sobre a tampa e colocou-se o conjunto (forma, resíduo e carga) em uma estufa com temperatura de 100 °C, que permaneceu 12 horas. Após este período, retirou-se a placa da estufa onde ficou aproximadamente 12 horas para esfriar completamente.

### 2.3. Utilização das placas no modelo reduzido

Após a confecção, as placas de EVA (Etileno-Acetato de Vinila), foram utilizadas para simular um forro. A figura 2 representa o forro no modelo reduzido.



Figura 2 – Forro de resíduo de EVA

### 2.4. Instrumentação e medição no interior dos modelos reduzidos

Todas as variáveis ambientais foram medidas durante um período de 25 dias consecutivos em condições de período frio e de período quente durante as 24 hs do dia.

Para a medição da temperatura do bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TGU) e temperatura de globo negro (TGN), utilizou-se fios de sensor termopar tipo T. O termômetro de globo negro foi construído com uma esfera de plástico, utilizando bolas de ping-pong, sendo pintada de preto-fosco. Os sensores foram instalados na altura correspondente ao centro geométrico de massa dos animais, ou seja, a 5 cm do piso gramado.

A velocidade do vento foi medida na estação Meteorológica da Universidade Federal de Campina

Grande – PB que se encontra próxima aos modelos reduzidos. A Figura 3 ilustra a estação Meteorológica.

Figura 3 – Estação Meteorológica.

### 3. Resultados e discussão

O resumo das variáveis ambientais analisados ITGU e CTR correspondentes aos tratamentos, encontra-se nas figuras 4, 5, 6 e 7 respectivamente.

#### 3.1. Índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU

Na Figura 4, são apresentados os valores médios de ITGU correspondentes ao período frio, em que se observa que, no modelo reduzido (SF), a partir das 12h00min até 15h30min, apresentou valor

máximo do ITGU em torno de 74,5 e que, no modelo reduzido (CF), apresenta menores valores de ITGU, ficando em torno de 74. Nos horários das 10h00min às 15h00min, foi o período em que apresentou maiores valores de ITGU por ter maior incidência da radiação solar. A partir deste horário, os valores do ITGU começaram a diminuir gradativamente em ambos os modelos (SF) e (CF). No período de 18h00min às 07h00min, não ocorreu diferença entre os modelos (SF) e (CF). Após este horário, as diferenças do ITGU começam a sofrer alteração devido à presença da carga térmica radiante. No período das 07h00min às 17h00min, o uso de forro no modelo reduzido, proporciona uma leve diminuição nos valores do ITGU, isso por ser considerado um isolante térmico entre o telhado e o ambiente, isto pelo fato de sua cor ser preta, permitindo uma absorção da irradiação advinda do solo e dos materiais de construção.

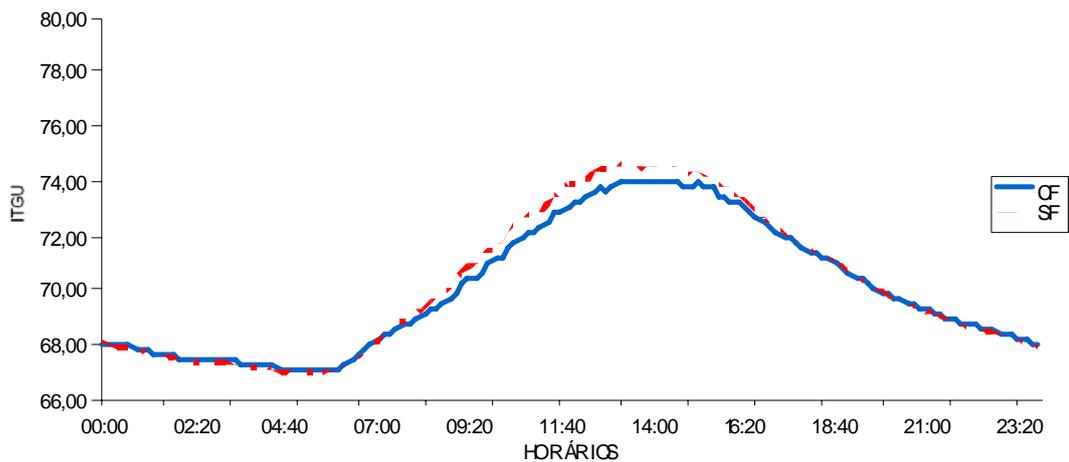


Figura 4 - Valores médios de Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), correspondente ao período frio

Na Figura 5, apresentam-se os valores médios de ITGU correspondentes ao período quente nos modelos reduzidos (SF) e (CF). No intervalo das 12h00min às 15h00min, observou-se uma média de 78 no modelo reduzido (SF) e de 77 no modelo reduzido (CF) período mais crítico para os animais. Verificam-se, ainda – na mesma figura – que, a partir das 15h00min até 17h30min, os valores de ITGU permanecem iguais nos modelos reduzidos (SF) e (CF) e que, após 17h30min, o modelo reduzido (CF) tem uma leve diminuição nos valores de ITGU, permanecendo assim até 15h00min.

Souza et al [13] citam valores de ITGU às 9h de 71,2 e às 15h de 79,1. [14] em condições climáticas do trópico semi-árido nordestino, relatam valores de ITGU às 9h de 75,5 e um ITGU de 82,4 às 15h. [15] estudando o conforto térmico de ovinos confinados – cita um ITGU de 77,1 às 9h e de 82,2 às 15h. [16] em experimentos realizados com modelos em escala reduzida, encontraram, no horário das 14h00min, valores de ITGU superiores aos recomendados para frangos de corte. Tinoco [17] propõe valores de ITGU de 75 e 77 respectivamente como limite máximo tolerado e sem estresse para frangos de corte com mais de três

semanas de idade. Contudo, um aspecto é que, em condições de campo, uma parcela de sobreaquecimento advém do próprio calor gerado pelos animais, situação que estes pesquisadores não

evidenciaram, e a mesma estava ausente neste experimento.

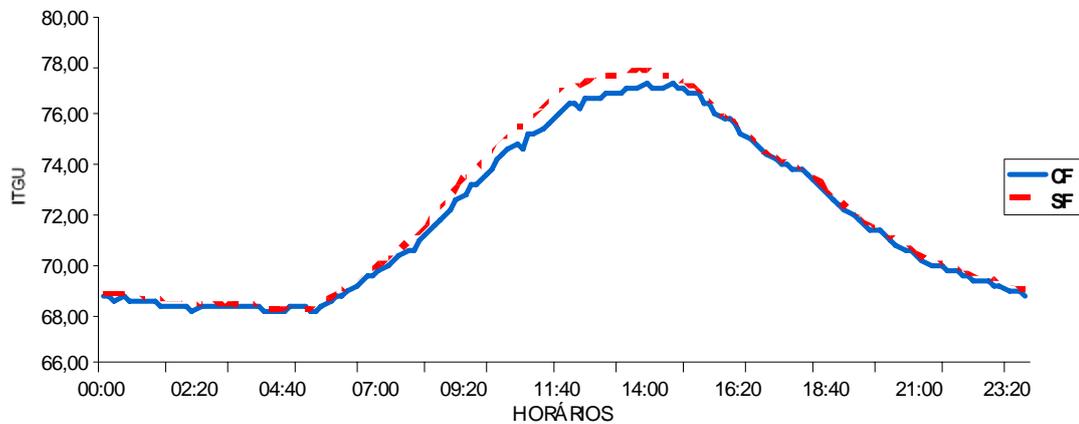


Figura 5 - Valores médios de Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), correspondente ao período quente.

De acordo com o Nacional Weather Service, citado por Baêta [18] valores de ITGU até 74 definem conforto, de 74 a 78, é sinal de alerta, de 79 a 84, é sinal de perigo e, acima de 84, é sinal de emergência para bovinos.

De acordo com o autor acima citado, os modelos reduzidos (SF) e (CF) – no período frio – apresentaram valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa e, nos modelos reduzidos no período quente (SF) e (CF), nos horários das 09h00min, foram encontrado valores superiores aos de Souza et al [13]. Nos horários das 15h00min, foram encontrados valores inferiores aos de Souza et al [13] aos de Cezar et al [14] e aos Oliveira et al [15]. Ainda, pode-se salientar que, no modelo reduzido (SF) e (CF) no período frio, os valores de ITGU estavam abaixo dos de Tinoco [17] e que os valores encontrados nos modelos reduzidos (CF), no período frio, estavam iguais ao citado Baêta [18], bem como, aos valores de alerta nos modelos reduzidos (SF) e (CF) nos períodos frio e quente.

Segundo Santos [19] as instalações apresentam conforto térmico para os animais quando apresentam médias de ITGU abaixo do valor de 74,0 que delimita a situação de “conforto” e a situação de “alerta”. Neste trabalho, foi observada esta situação em que o ITGU estava abaixo de 74 somente para o modelo reduzido (CF) do período frio.

Esse comportamento diário dos valores de ITGU ocorre, principalmente, em virtude do

comportamento da temperatura do bulbo seco, da irradiância solar indireta e da radiação de ondas longas. Silva [20] afirma que a temperatura de globo negro expressa a ação do ambiente radiante sobre um globo específico e não pode descrever de uma forma geral a ação sobre um animal, isso porque o animal está em movimento, recebendo radiação de outros animais, dos materiais de construção, das plantas, do solo e/ou do piso em momentos e em lugares diferentes.

### 3.2 Carga térmica radiante –CTR

Na Figura 6, representam-se os valores médios da CTR correspondente ao período frio, observa-se que houve diferença entre valores no modelo reduzido (SF) de 450 Wm<sup>-2</sup> para 445 Wm<sup>-2</sup> para o modelo reduzido (CF) em que, nos horários das 07h00min às 15h00min, o uso de forro possibilitou menores valores da CTR. Ainda, no horário das 15h00min às 07h00min, o modelo reduzido (SF), apresentou CTR menor do que o modelo reduzido (CF), esse comportamento de manter uma CTR maior no modelo reduzido (CF) foi influenciado pelo uso do forro que manteve uma temperatura mais elevada do ambiente quando comparada ao do modelo reduzido (SF). Isso significa dizer que a perda de calor no modelo reduzido (SF) foi mais rápida. Esta influência de diminuir e de manter o CTR permite diagnosticar que a presença do forro foi um isolante térmico entre a cobertura e o

ambiente, e ainda, que a irradiação advinda do solo e dos materiais de construção que – posteriormente – seria irradiada para a cobertura, não ocorreu provavelmente porque foi absorvida pelo forro.

Observa-se, na Figura 7, o comportamento similar do modelo reduzido (SF) e (CF) do período frio, porém a presença do forro no modelo reduzido (CF) do período quente permanece menor até as 18h00min.

Observa-se ainda que, como tendência geral, os menores valores de CTRs para o ambiente interno nos modelos reduzidos (SF) e (CF) para os dois períodos ocorreram durante a noite, devido à capacidade do material de perder calor na forma rápida, enquanto que o ponto máximo ocorreu entre 12h00min e 15h00min.

Tinôco [17] afirma que a cobertura do solo pode afetar grandemente a Carga Térmica de Radiação – CTR devido à diferença de refletividade dos diferentes tipos de materiais e de cores. A grama é a melhor opção para a área externa de galpões em clima quente. Consequentemente, os valores da CTR, observados nas Figuras 28 e 29, foram influenciados devido aos modelos estarem localizados em área gramada.

Estes dados da pesquisa são menores aos encontrados por de 487, 6 Km<sup>-2</sup> para galpões com coberturas de telha de cimento amianto. Este fato pode ser explicado pela área verde que circundava os modelos reduzidos.

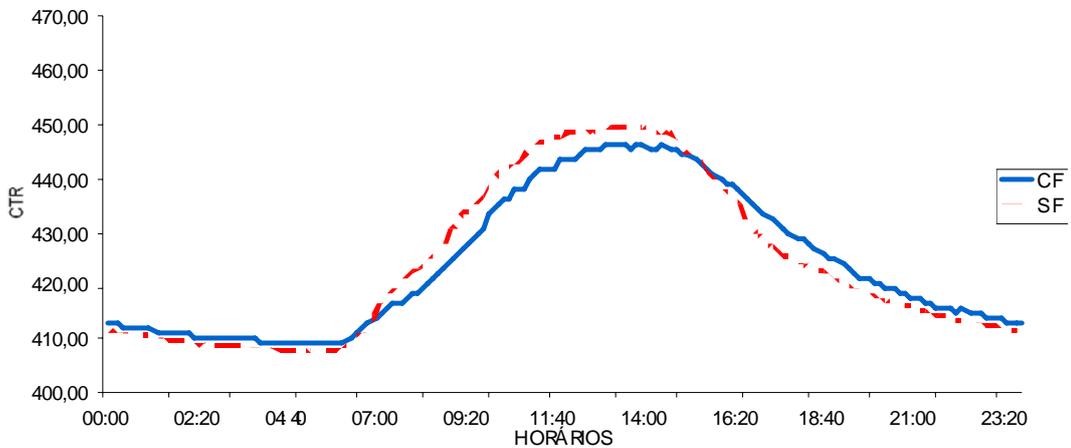


Figura 6 – Valores médios da carga térmica radiante (CTR) do período frio

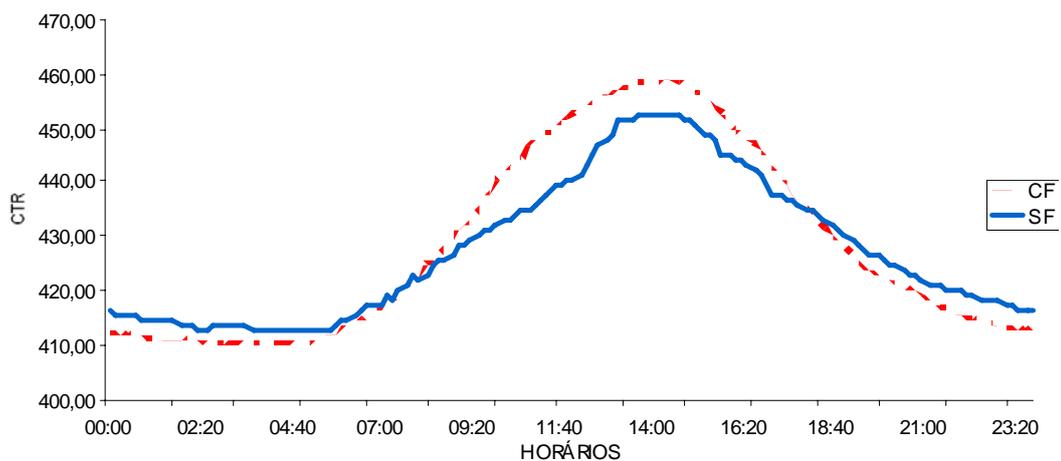


Figura 7 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) do período quente

Pode-se observar que, no período noturno, os modelos reduzidos (CF) – nos dois períodos estudados – apresentam valores maiores da CTR do

que os modelos (SF). Este fato ocorreu provavelmente devido à composição do composto EVA que armazenou calor, permitindo um ambiente

mais aquecido, quando comparado com os modelos (SF) que perdeu temperatura mais rapidamente.

Contudo, podemos salientar que, nos dois períodos estudados, os valores das temperaturas e dos índices zootécnicos dos modelos reduzidos (CF), provavelmente, não foram menores porque a quantidade de ar e o espaço entre forro e o piso são insuficientes para que a temperatura diminua, quando comparadas em instalações de escala real que possui forro em que o espaço e a quantidade de ar são maiores. Ainda, a presença do forro atua como fonte armazenadora de calor para períodos mais frios.

#### 4. Conclusões

Com base no índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), carga térmica de radiação (CTR), o tratamento que proporcionou melhores condições de conforto térmico no interior dos modelos reduzidos foi o modelo reduzido que possuía forro de resíduo de EVA. Ficou evidente a potencialidade do resíduo do EVA para utilização como componente nas instalações agropecuárias, indicando um novo e potencial indicativo de reutilização destes resíduos.

#### Referências

- [1] Michels. C. Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes, Florianópolis: UFSC, 2007, Dissertação de Mestrado.
- [2] Nããs. I. A.; Moura. W.; Lagana. C. A. Amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In. Conferencia apinco de ciências e tecnologia avícola. Anais...Facta,1994. p. 203-204.
- [3] Bond. T. E.; Kelly. C. F.; Garret, W. N.; Hahn, L.; Evaluation of materials for livestock shade. *California Agriculture*, v.15, 1961, p.7-8.
- [4] Baêta. F. C., Souza. C. F. *Ambiência em edificações rurais – conforto térmico animal*. Viçosa: UFV, 1997.
- [5] Moraes. S. R. P. Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas para diferentes coberturas, durante o verão, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.3, n.1, p.89-92, 1999.
- [6] Yanagi Junior, T.; Damasceno, G.S.; Teixeira, V.H.; Xin, h. Prediction of black globe humidity index in poultry buildings. in: *international livestock environment symposium*, 6., 2001, louisville. proceedings... louisville: asae, 2001. p.482-9.
- [7] Tinôco, I. F.F. *Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros*. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001.
- [8] Costa. E. C. *Arquitetura ecológica. Condicionamento térmico natural*. 5.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982
- [9] Campos. A. T. *Determinação dos índices de conforto e carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa, MG*. Viçosa: UFV, 1986.
- [10] Zattera, A. J. et al. Caracterização de resíduos de copolímeros de Etileno Acetato de Vinila – EVA. *Polímeros ciência e tecnologia*, v. 15, n. 1, p. 73-78, 2005.
- [11] Buffington. C. S.; Collazo-Arocho. A.; Canton. G.H.; Pitt. D.; Thatcher. W. W.; Collier. R. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, v.24, n. 3, 1981, p. 711-714.
- [12] Esmay. M. L. *Principles of animal environment*. 2.ed. Westport: AVI publishing company, 1974, p.329.
- [13] Souza. E. D.; Souza. B. B.; Souza. W. H.; Cezar. M. F.; Santos. J. R. S. dos; Tavares. G. P. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genético de caprinos no semi-árido. *Revista Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 29, n. 1, jan/fev. 2005, p. 177-184.
- [14] Cezar. M. F.; Souza. B. B.; Souza. W. H.; Pimenta Filho. E. C.; Tavares. G. P.; Medeiros. G. X. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido Nordeste. *Revista Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 28, n. 3, p. 614-620. 2004.
- [15] Oliveira. F. M. M.; Dantas. R. T.; Furtado. D. A.; Nascimento. J. W. B.; Medeiros. A. N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológicos de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v. 9, n. 4, jan/fev. 2005, p.4-8.
- [16] Nããs. I. A.; Sevegnani. K. B.; Marcheto. F. G.; Espelho. J. C. C.; Menegassi. V.; Silva. I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem , pintadas de ranço, em modelos de aviários com escala reduzida. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 21, n. 2, 2001. P.121-126

- [17] Tinôco. I. F. F. Resfriamento adiabático na produção de frangos de corte. Viçosa: UFV, 1998. p. 98.
- [18] Baêta. F. C. Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season. Missouri: University of Missouri, 1985. 218p. Tese Doutorado.
- [19] Santos. A. C. Analise de diferentes tipos de bezerreiros individuais moveis, para duas estações de outono e inverno na região de Viçosa. Viçosa: UFV, 1993, 99p. Dissertação Mestrado.
- [20] Silva. R. G. Princípios de Biofísica Ambiental. No prelo, Editora UNESP, 2003.