



## COMPÓSITO À BASE DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA APLICAÇÃO COMO FORRO EM AVIÁRIOS

J. C. M. Cravo\* ; D. de L. Sartori; J. C. de C. Balieiro; J. Fiorelli

USP – Univ de São Paulo, FZEA - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, SP, Brasil

Article history: Received 30 September 2015; Received in revised form 30 November 2015; Accepted 03 December 2015; Available online 09 December 2015.

### RESUMO

O forro é uma alternativa para amenizar o fluxo de calor para o interior dos aviários. Porém, os principais materiais isolantes são tóxicos quando queimados. Nessa ótica, esse estudo investigou as propriedades térmicas e o efeito da durabilidade nas propriedades mecânicas de um compósito à base de resíduos agrícolas para aplicação como forro em aviários. Foram utilizadas partículas de casca de amendoim, fibra de coco (50:50) e 15% de resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona. O calor específico, a difusividade térmica e o atraso térmico foram mensurados e comparados com outros materiais isolantes. O efeito da durabilidade foi avaliado mediante ao desempenho de módulo de ruptura e o módulo elástico. Os resultados térmicos relataram que o compósito apresenta potencial para aplicação como isolante térmico, enquanto que a avaliação da durabilidade revelou a necessidade de incorporar um revestimento para assegurar constância das propriedades mecânicas do compósito.

**Palavras-chave:** isolante térmico, painéis particulados, avicultura

### COMPOSITE BASED ON AGRICULTURAL WASTE FOR USE AS LINING POULTRY HOUSES

#### ABSTRACT

The lining is an alternative to smoothen the flow of heat to the interior of the poultry housing. However, the main insulating materials are toxic when burned. From this perspective, this study investigated the thermal properties and durability of the effect on the mechanical properties of a composite based agricultural waste for use as lining in poultry houses. Peanut shell and coconut fiber were used (50:50) and 15% bi-component polyurethane resin to castor oil-based. The specific heat, thermal diffusivity and thermal lag were measured and compared with other insulating materials. The effect of durability performance was evaluated by rupture modulus and elastic modulus. The thermal results reported that the composite has potential for application as thermal insulation, while the evaluation of the durability revealed the need to incorporate a coating to ensure consistency of mechanical properties of the composite.

**Keywords:** thermal insulation, particleboards, poultry

\* [juliomachadomachado@hotmail.com](mailto:juliomachadomachado@hotmail.com)

## **INTRODUÇÃO**

O microclima no interior das instalações avícolas é um dos fatores que influencia no desempenho zootécnico das aves de corte (Oliveira et al. 2006). Para conceber ambiente confortável no interior dessas instalações, produtores avícolas têm adotado diversas alternativas, tais como, o forro sob a cobertura. Essa técnica permite atenuar a incidência de radiação solar emitida pelas coberturas, proporcionando melhorias significativas no ambiente interno dos aviários (Abreu et al. 2007).

No entanto, os principais materiais isolantes (lã de vidro, polietileno, poliuretano e lã de rocha) apresentam riscos para os funcionários e as aves, pois quando queimados, esses materiais liberam gases tóxicos (dióxido de carbono, monóxido de carbono, acrilonitrila, óxido de nitrogênio e formaldeído) em concentrações letais para os seres humanos e animais (Liang & Ho 2007).

Dentro desse contexto, os painéis particulados à base de resíduos agrícolas, tornam-se uma opção sustentável para aplicação como forro em galpões avícolas. De acordo com Bektas et al. (2005), mais de 30 plantas já foram pesquisadas para a fabricação de painéis particulados, tais como: talo de algodão, casca de avelã, casca de amendoim, fibra de coco entre outros.

Nesse âmbito, diversos estudos sobre a temática painéis particulados isolantes à base de resíduo foram consumados. Nessas pesquisas, os autores avaliaram a condutividade térmica como parâmetro para determinar a eficiência do material quanto ao poder isolante e constataram potencial para serem aplicados como isolantes térmicos (Xu et al. 2004, Tangjuank & Kumfu 2011, Tangjuank 2011).

Embora essas pesquisas tenham determinado essa propriedade térmica, esse

parâmetro é relevante no caso de regime estacionário, o que não acontece quando aplicado ao campo, uma vez que o fluxo de energia sobre a cobertura das instalações não é constante durante o dia. Dessa forma, torna-se necessário averiguar a difusividade térmica (relação entre a condutividade térmica de um material pela sua capacidade de armazenar energia térmica), calor específico e atraso térmico (tempo gasto para que a onda de calor atravesse o material) (ABNT NBR 135.07-001/2: 2003).

Até o momento, a pesquisa de Cravo et al. (2014) demonstrou através do fator solar, o potencial da fibra de coco e da casca de amendoim na fabricação de um forro ecológico para galpões avícolas. Entretanto, os pesquisadores não documentam sobre o desempenho desse material quanto à difusividade térmica, calor específico e atraso térmico, deixando assim, uma lacuna relevante a ser pesquisada.

Além de conhecer as propriedades térmicas desses materiais, é também importante depreender sobre o comportamento quanto à durabilidade. Para isso, existem métodos para avaliar a durabilidade dos painéis, os quais incluem teste de longo prazo e de curto prazo. A avaliação em longo prazo, tais como testes de exposição ao ar livre, é um método para avaliar os intervalos de tempo longos, incorporando o fator de tempo decorrido (Suzuki & Watai, 2000).

Ante o exposto, essa pesquisa teve a finalidade de determinar as propriedades térmicas (difusividade térmica, calor específico e atraso térmico) e a durabilidade (propriedades mecânicas) de um compósito à base de casca de amendoim e fibra de coco como proposta de forro para aviários.

## MATERIAL E MÉTODOS

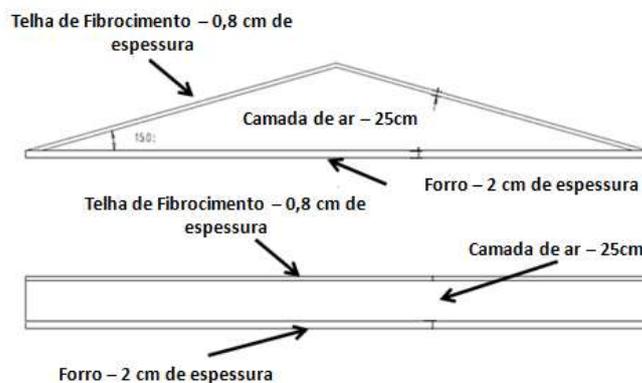
Para fabricação dos painéis foram utilizados dois resíduos agrícolas, a casca de amendoim e a fibra de coco. A casca de amendoim foi adquirida da região de Torrinha e a fibra de coco verde foi obtida da região de Marília, ambas as cidades localizadas no estado de São Paulo.

Os resíduos foram dispostos em uma estufa (MA035), com temperatura de 60°C, até atingir o teor de 8% de umidade. Após a secagem, o material foi picado em um moinho de faca (MA683/3) com malha de 8 mm e pesado em uma balança eletrônica (AY220) para determinar a massa total (50% de casca de amendoim e 50% de fibra de coco) necessária para produzir o compósito (CAFC) com densidade nominal de 0,5 g.cm<sup>-3</sup>.

Posteriormente, as partículas foram transladadas para um misturador planetário (MT120) e adicionado adesivo poliuretano bi-componente (50% pré-polímero e 50% polioli) à base de óleo de mamona, com proporção de 15% do peso da matéria-prima. Finalizada a mistura, o material foi acondicionado em um molde formador de painel (40 x 40 x 2 cm) e remetida para uma prensa termo-hidráulica com temperatura média de 100°C, por aproximadamente 10 minutos de prensagem, com pressão média de 5MPa. O material ficou empilhado durante 72 horas, a fim de que ocorresse a continuação do processo de cura da resina.

O calor específico informa a quantidade de calor que uma unidade de massa de um determinado material precisa receber ou perder para que ocorra uma elevação ou redução de uma unidade de sua temperatura (ABNT NBR 135.07-001/1: 2003). Já a difusividade térmica é uma das propriedades térmicas dos materiais que consiste na relação entre a capacidade de transferir a energia no material pela sua capacidade de armazenamento, ou seja, essa propriedade informa à rapidez que um material reage a mudanças de temperatura. Para materiais isolantes é característico que apresentem baixos valores de difusividade térmica (MENDES et al., 2012).

Assim, para mensurar essas duas propriedades térmicas do material, adotou-se a técnica do Fio Quente Paralelo. Para esse ensaio utilizou-se um corpo de prova com as seguintes dimensões nominais: 10,5 x 5,5 x 2 cm. Com base nesses valores e nas equações do documento normativo ABNT NBR 135.07-001/2: 2003, o atraso térmico do material foi determinado, simulando para um dia típico de verão, uma instalação avícola com cobertura de telha de fibrocimento e o CAFC aplicado como forro (Figura 1). Nesses cálculos, foi adotada para o material em estudo, a condutividade térmica de 0,29 W/mK (Cravo et al., 2014).



**Figura 1.** Representação de cobertura de telha fibrocimento e aplicação do material como forro. Fonte: Adaptado da ABNT NBR 135.07-001/2: 2003

Os dados referentes à cobertura de telha de fibrocimento foram: densidade de  $0,5 \text{ g.cm}^{-3}$ , condutividade térmica de  $0,15 \text{ W/mK}$  e calor específico de  $0,84 \text{ kJ/kgK}$  (ABNT NBR 135.07-001/2: 2003). Os dados de calor específico, difusividade térmica e atraso térmico foram comparados com materiais isolantes tradicionais: lã de rocha, lã de vidro e espuma rígida de poliuretano.

A fim de testar a durabilidade do CAFC quanto as propriedades mecânicas, dez corpos de prova ( $25 \times 5 \times 2 \text{ cm}$ ) foram selecionados aleatoriamente e aplicado duas camadas do produto *Stain Impregnante* para proteção contra intempéries climáticas. Em seguida, os corpos de prova foram transferidos para o campo de envelhecimento ao ar livre, permanecendo durante o período de seis meses (ASTM D 1435:1994), enquanto que outros dez corpos de prova,

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que o CAFC apresentou maior valor para o calor específico, enquanto que a lã de vidro exibiu menor valor.

Quando a radiação solar incide sobre o telhado de uma edificação parte é refletida, enquanto que a outra fração é absorvida pelo material, o que resulta no aumento de sua energia térmica a ser dissipada tanto para o interior quanto para o exterior de uma edificação (BAÊTA & SOUZA, 2010). A lei de Stefan-Boltzman afirma que o poder emissivo de uma determinada superfície dependerá de sua temperatura, ou seja, a quantidade de energia irradiada é proporcional à quarta potência da temperatura (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2011).

Dessa forma, dentre os matérias da Tabela 1, o CAFC irradiaria menor quantidade de energia para o interior de um aviário, caso esse fosse aplicado como forro, uma vez que esse material demandaria absorver maior quantidade de

denominados testemunha, ficaram armazenados em saco plástico no laboratório. Após esse período, os corpos de prova foram recolhidos da área experimental e o módulo de ruptura (MOR) e elástico (MOE) foram mensurados e posteriormente comparados com o grupo testemunha. Essas propriedades foram determinadas empregando os preceitos da ABNT 14.810:2006.

Para testar o efeito da durabilidade nas propriedades mecânicas (MOR e MOE) do CAFC foram executados dois experimentos, segundo os preceitos do delineamento inteiramente casualizado (DIC), os quais corresponderam ao fator Durabilidade, constituído por dois níveis, Testemunha e Envelhecido. Os dados foram testados no software R versão 2.5.1, com  $p < 0,05$ .

calor para elevar uma unidade de sua temperatura.

Por condutividade térmica compreende-se a transmissão do calor (energia térmica) de uma região de alta temperatura para uma de baixa temperatura em um corpo considerado homogêneo, num regime estacionário, por unidade de espessura, de área e de tempo (BAÊTA & SOUZA, 2010). Segundo Whang (1988) materiais que apresentem condutividade térmica menor que  $0,25 \text{ W/mK}$  são considerados isolantes. Assim, nota-se na Tabela 1, que o valor de condutividade térmica do CAFC obtido por Cravo et al. (2014) é o único material que apresenta valor acima do preconizado pelo autor, ou seja, o CAFC exprime maior facilidade na condução de calor.

Entretanto, essa propriedade térmica é interessante em situações em que o fluxo térmico está em regime permanente, ou seja, quando a temperatura não varia no tempo e espaço. Pesquisas relacionadas

sobre ambiência na avicultura têm relatado que as temperaturas externas e internas no aviário sofrem mudanças significativas em função do tempo, sendo que para esse caso o fluxo de calor é considerado regime transiente. Portanto, nesse caso é relevante quantificar a difusividade térmica do material.

Dessa forma, visualiza-se na Tabela 1, que o CAFC exibiu menor valor para

difusividade térmica, enquanto que a lã de vidro apresentou maior valor para essa propriedade térmica. Esse resultado revela que em situações em que ocorre variação na mudança de temperatura, como no caso das temperaturas internas nos aviários, o CAFC apresentaria bom isolamento térmico caso fosse aplicado como forro em instalações avícolas.

**Tabela 1** – Comparação das propriedades térmicas do material em estudo (CAFC) com materiais isolantes tradicionais

<b>Materiais</b>	<b>Densidade (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Calor específico (kJ/kgK)</b>	<b>Condutividade Térmica (w/mK)</b>	<b>Difusividade Térmica m<sup>2</sup>/s</b>	<b>Fonte</b>
CAFC	0,5	2,44	0,297*	2,021x10 <sup>-7</sup>	Estudo
Lã de Rocha	0,2	0,75	0,041	3,000x10 <sup>-7</sup>	ABNT
Poliuretano	0,4	1,67	0,030	4,491x10 <sup>-7</sup>	NBR
Lã de Vidro	0,1	0,70	0,045	6,429x10 <sup>-7</sup>	135.07- 001/2: 2003

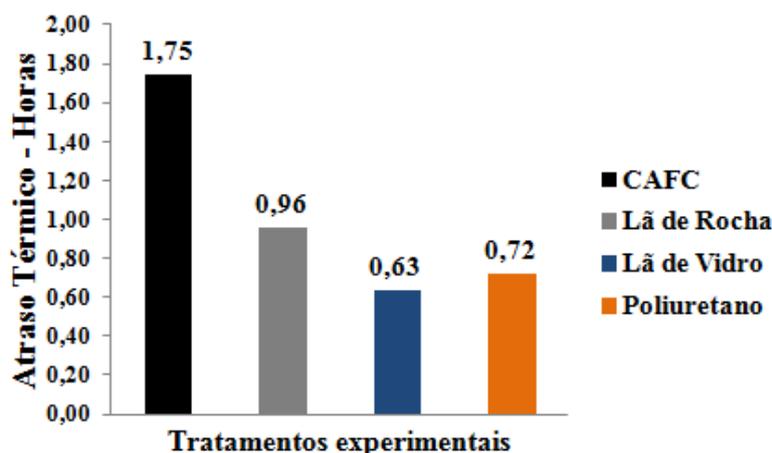
\*Dado obtido de Cravo et al. (2014)

O atraso térmico corresponde ao tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor (ABNT NBR 135.07-001/2: 2003). Quando a temperatura exterior a um edificação se eleva em relação à temperatura interna, certo fluxo de calor penetra nos materiais que compõem a instalação. Esse fluxo não atravessa os materiais imediatamente, antes os aquece internamente, levando com que esse fluxo de calor correspondente à diferença de temperatura, atravesse com certo atraso (FROTA & SCHIFFER, 2001).

Sendo assim, a Figura 2 sumariza os valores de atraso térmico no verão para CAFC, lã de rocha, lã de vidro e espuma rígida de poliuretano, caso esses materiais fossem aplicados como forro em uma

instalação avícola com cobertura de fibrocimento. Visualiza-se que o material em estudo (CACF) apresentou atraso térmico superior aos demais materiais, equivalente a 45,14, 36 e 58,85% quando comparados com lã de rocha, lã de vidro e poliuretano, respectivamente. A hipótese que explana esse fenômeno está atrelada aos resultados de difusividade térmica, pois o atraso térmico é função da densidade, condutividade térmica e capacidade térmica do material (FROTA & SCHIFFER, 2001).

Esse resultado revela que nos dias de verão, quando a temperatura externa de um aviário atingir valor superior à temperatura interna, o fluxo de calor (através da diferença de temperatura) passaria com atraso de 1,75 horas no CAFC, caso esse material fosse adicionado como forro em instalações avícolas com cobertura de fibrocimento.



**Figura 2** – Atraso térmico na estação de verão para os materiais aplicados como forro

A Tabela 2 descreve a análise descritiva das propriedades mecânicas dos tratamentos experimentais, sendo considerados os dados transformados pela função  $\sqrt{y}$ , uma vez que foi necessária para atender as pressuposições da ANOVA. De maneira geral, observa-se

que a testemunha apresentou valores médios de MOR e MOE maiores que o tratamento envelhecido. Quanto à dispersão dos dados, nota-se que os tratamentos experimentais exibiram baixos valores para o coeficiente de variação (CV).

**Tabela 2** – Análise descrita das propriedades mecânicas dos tratamentos experimentais

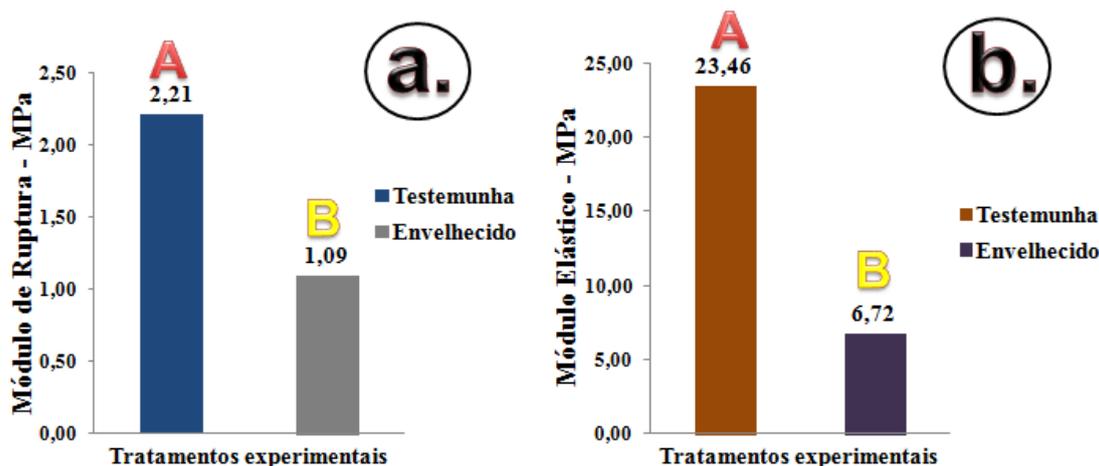
Variável	Tratamento	N*	Média	Mín	Máx	CV(%)
MOR (MPa)	Testemunha	10	2,21	1,92	2,61	11,23
	Envelhecido	10	1,09	0,98	1,23	7,51
MOE (MPa)	Testemunha	10	23,46	20,07	27,83	11,66
	Envelhecido	10	6,72	4,89	7,93	12,62

\*Número de unidades experimentais. Dados transformados pela função  $\sqrt{y}$

A análise da ANOVA revelou que o fator Durabilidade apresenta efeito significativo para o MOR e MOE, pois foram constatadas as probabilidades de  $7,41e^{-11}$  e  $3,36e^{-14}$ , respectivamente, ou seja, esses valores ficaram abaixo da probabilidade de 0,05. Pelo fato, dos experimentos apresentarem apenas um único contraste entre médias, foi adotado o próprio Teste F da ANOVA para averiguar significância entre as médias dos tratamentos experimentais.

A Figura 3 ilustra o comportamento das propriedades mecânicas (MOR e

MOE) do CAFC quanto à durabilidade. Para o MOR (Figura 3 a.), visualiza-se que após o envelhecimento ao ar livre, o CAFC apresentou significativamente ( $p < 0,05$ ) valor médio experimental inferior à testemunha, sendo essa propriedade reduzida em 50,67%. Com relação ao MOE (Figura 3 b.), nota-se comportamento análogo ao ocorrido para o MOE, sendo que o envelhecimento do CAFC afetou negativamente essa propriedade em 66,51%.



**Figura 3** – Comportamento das propriedades mecânicas antes e após o envelhecimento: (a.) MOR e (b.) MOE

A diferença estatística diagnosticada para as propriedades mecânicas (MOR e MOE), segundo a análise inferencial, pode ser explicada mediante duas hipóteses. A primeira consiste na influência da radiação solar que o CAFC recebeu durante o período de seis meses, pois segundo Varjão Silva (2006) a absorção de energia radiante pode ser suficiente para romper moléculas, liberando átomos, processo chamado de fotodissociação (quebra de uma ligação química induzida pela radiação). Com base na afirmação do autor, infere-se que a radiação solar possa ter comprometido as ligações químicas entre as partículas (casca de amendoim e fibra de coco verde) e a resina, porque segundo PanyaKaew & Fotios (2011) o MOR e o MOE não depende somente da força individual e geometria das fibras, mas também na força de ligação entre as fibras.

A segunda hipótese está fundamentada no trabalho de Wei-hong et al. (2005) que estudaram a influência de fungos nas propriedades mecânicas de madeira compensada. Os autores

diagnosticaram redução significativa no MOR e MOE quando foram inoculados fungos nesses compósitos, pois esses micro-organismos utilizaram a celulose, hemicelulose e a lignina estrutural para a nutrição. De acordo com Ndazi et al. (2006), esses componentes poliméricos estão presentes nas paredes celulares das fibras vegetais e são responsáveis em governar propriedades físicas e mecânicas.

Essa hipótese está atestada pela presença de fungos que foi registrado no CAFC durante o período em que os corpos de prova permaneceram no campo de envelhecimento ao ar livre (Figura 4). De acordo com Highley (1999) o teor de umidade de 30% ou mais é necessário para o crescimento de fungos. Segundo a estação climatológica do campo de envelhecimento, a umidade relativa média registrada durante o período foi de 79,75%, sendo esse um fator que explica a presença de fungos no material, uma vez que segundo Cravo et al. (2015) esse tipo de compósito apresenta 68,33% de absorção de água, no período de 24 horas.



**Figura 4** – Corpo de prova exposto no campo de envelhecimento ao ar livre

A queda nas propriedades mecânicas registradas após o envelhecimento revela um ponto negativo para aplicação do CAFC como forro em aviários, pois a depreciação dessas propriedades poderá trazer riscos aos funcionários e aves em algumas eventualidades, tais como: períodos de fortes ventos e queda de uma telha sobre o material. Além disso, o

## CONCLUSÕES

O CAFC apresenta maior valor de calor específico e menor difusividade térmica quando comparados aos isolantes tradicionais (lã de rocha, lã de vidro e espuma rígida de poliuretano), demonstrando que o material tem potencial para isolamento térmico. Quanto ao atraso térmico, o CAFC exibe maior valor que os demais materiais isolantes, o que assegura maior resistência térmica para uma instalação avícola.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro

## REFERÊNCIAS

ABNT 02:135.07-001/2. **Desempenho térmico de edificações parte 1:**

funcionamento dos nebulizadores no interior dos aviários durante o pico de calor poderá contribuir para degradação do material. Aplicação de produtos como vernizes ou resina, torna-se uma opção interessante para sanar esse problema. Entretanto, é necessário que antes se efetuem estudos para verificar se as propriedades térmicas não serão alteradas.

O revestimento do material com *Stain Impregnante* não foi eficiente em proteger o material contra as intempéries climáticas durante o período de seis. A aplicação de vernizes ou resina poliuretana à base de mamona são opções para aumentar a durabilidade do material. No entanto, é necessário que antes se efetue novos estudos para investigar se a aplicação desses revestimentos não alteram as propriedades térmicas do material.

concedido à pesquisa (Processo 2011/03707-2).

**Definições, símbolos e unidades.** Rio de Janeiro, 2003, 7p.

ABNT 02:135.07-001/2. **Desempenho térmico de edificações parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2003, 21p.

ABNT 14810. **Chapas de madeira aglomerada- parte 3: Métodos de Ensaio, terminologia.** Rio de Janeiro, 2006, 32p.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F.R.F.; PAIVA, D.P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.4, p. 1014 – 1020, 2007.

ASTM D 1435. **Standard Practice for Outdoor Weathering of Plastics.** Philadelphia, 1994, 5p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal.** Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BEKTAS, I.; GULER, C.; KALAYCIOGLU, H.; MENGELOGLU, F.; NACAR, M. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and poplar wood (*Populus alba L.*). **Journal of Composite Materials**, Lancaster, v.39, n.5, p.467-473, 2005.

CRAVO, J.C.M.; SARTORI, D.L.; NAKANISHI, E.Y.; FIORELLI, J.; BALIEIRO, J.C.C.; SANTOS, W.N. Forro ecológico de resíduos agroindustriais para galpões avícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.8, p. 1466-1471, 2014.

CRAVO, J.C.M.; SARTORI, D.L.; FIORELLI, J.; BALIEIRO, J.C.C.; SAVASTANO JUNIOR, H. Painel aglomerado de resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.3, p.719-728, 2015.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo.** São Paulo, SP: Studio Nobel , 2001. 244 p.

HIGHLEY, T. **Biodeterioration of wood.** Wood Handbook: Wood as an Engineering Material [M]. Wisconsin: USDA Forest Service Forest Products Laboratory, p.16, 1999.

LIANG, H.H.; HO, M.C. Toxicity characteristics of commercially manufactured insulation materials for building applications in Taiwan. **Construction and Building Materials**, v.21, n.1, p.1254-1261, 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo, SP, 2011. 206 p.

MENDES, J.U.L.; SILVEIRA, F.F.; CAVALCANTI, S.L.L.; OLIVEIRA, L.K.R.; RIBEIRO, F.A.; SOUSA, R.F. Determinação da difusividade térmica de um compósito natural visando classificá-lo como isolante térmico. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, Joinville, SC, Brasil.

NDAZI, B.; TESHAI, J.V.; BISANDA, E.T.N. Some opportunities and challenges of producing bio-composites from non-wood residues. **Journal Mater Science**, v. 41, n.21, p.6984-6990, 2006.

OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; CECON, P.R.; VAZ, R.G.M.V.; ORLANDO, U.A.D. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.4, p.1398-1405, 2006.

PANYAKAEW S.; FOTIOS S. New thermal insulation boards made from

coconut husk and bagasse. **Energy and Buildings**, v.43, n.7, p.1732-1739, 2011.

SUZUKI S.; WATAI J. Literature review for durability performance of wood and wood-based material (in Japanese). **Bull Shizuoka Univ For**, v.24, [s.n], p.63-70, 2000.

TANGJUANK, S. Thermal insulation and physical properties of particleboards from pineapple leaves. **International Journal of Physical Sciences**, v. 6, n. 19, p. 4528-4532, 2011.

TANGJUANK, S.; KUMFU, S. Particle boards from papyrus fibers as thermal insulation. **Journal of Applied Sciences**, v. 11, n. 14, p. 2640-2645, 2011.

VARJÃO SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife, Pernambuco; 2006.

WANG, S. H. **Construction Materials Science**, China Construction Industry Publisher, Beijing, 1988.

WEI-HONG W.; KENT S.; FREITAG C.; LEICHTI R.J.; MORRELL J.J. Effect of moisture and fungal exposure on the mechanical properties of hem-fir plywood. **Journal of Forestry Research**, v.16, n.4, p.299-300, 2005.

XU, J.; SUGAWARA, R.; WIDYORINI, R.; HAN, G.; KAWAI, S. Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core. **Journal Wood Science**. Japão, v. 50, n.1, p. 62-67, 2004.