



PIBIC/CNPq/UFPG-2010

## **CAIXAS DE ABELHA À BASE DE ARGAMASSA COM RESÍDUOS DE CALÇADOS (EVA): AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO**

ELVIS A. SOARES<sup>1</sup>; ANTONIO F. LEAL<sup>3</sup>; ORLANDO CAVALCANTI FILHO<sup>2</sup>; ADRIANA EVANGELISTA RODRIGUES<sup>4</sup> & DERMEVAL A. FURTADO<sup>3</sup>

### **RESUMO**

O aproveitamento dos resíduos produzidos pela indústria calçadista, através da confecção de placas de argamassa cimentícia para aplicações em isolamento térmico e acústico, dentre outras, tem-se configurado como uma alternativa em potencial no âmbito da inovação tecnológica e da questão ambiental. Este trabalho teve como objetivo, analisar o comportamento térmico de caixas de abelha modelo Langstroth confeccionadas utilizando-se placas de argamassa de cimento e resíduos de calçados. Foram avaliadas as temperaturas interna e das tampas das caixas bem como a aceitação do novo material por parte dos animais, com o objetivo específico de comparar tais resultados aos obtidos em iguais condições com caixas de madeira. Observou-se que as abelhas aceitaram sem restrição o uso das caixas. A temperatura no ambiente interno quando com a presença das abelhas é praticamente constante, fato este devido ao controle realizado pelas abelhas. Já na ausência desses animais, percebeu-se diferença significativa entre as caixas em vários horários, o que se deve ao fato da natureza distinta dos materiais empregados. Quanto às características mecânicas do material desenvolvido, o mesmo atende às especificações desejáveis visando o bom manuseio e trabalhabilidade do composto. Concluiu-se que o uso dos resíduos da indústria calçadista para confecção de placas e posteriormente de caixas para abelhas é viável sendo necessário um aprofundamento de estudos.

**Palavras-chave:** Langstroth, *Apis Melífera*, conforto térmico

### **BEE BOXES MADE WITH MORTAR AND WASTE OF SHOE INDUSTRIES (EVA): THERMAL PERFORMANCE EVALUATION**

### **ABSTRACT**

The use of waste produced by the shoe industry to make cementitious mortar sheets to be applied in thermal and acoustic insulation, among others, has figured as a potential alternative in the context of technological innovation and environmental issue. This study aimed to analyze the thermal behavior of Langstroth model bee boxes made using sheets based on shoe industry waste and cement. The internal temperature and the temperature of the cases lids were evaluated as well as the acceptance of the new material by the bees, with the specific aim to compare these results to those obtained in similar conditions with wooden boxes. It was observed that the bees accepted the use of the boxes with no restrictions. The temperature in the internal environment with the presence of bees is nearly constant, a fact due to the control performed by the bees. Whereas in the absence of these insects a significant difference between the boxes at various times was noticed, which is due to the distinct nature of the materials used. As for the mechanical characteristics of the material developed, it meets the desired specifications to ensure a smooth handling and workability of the composite. It was concluded that the use of waste from the shoe industry for making sheets and then boxes for bees is feasible and needs further studies.

**Keywords:** Langstroth, *Apis Melífera*, Thermal Comfort

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Engenharia Civil, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: elvissoares@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor, Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [leal@deag.ufcg.edu.br](mailto:leal@deag.ufcg.edu.br); [dermeval@deag.ufcg.edu.br](mailto:dermeval@deag.ufcg.edu.br)

<sup>3</sup> Mestre em Construções Rurais e Ambiente, pela COPEAG-UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [ocavalcantifilho@gmail.com](mailto:ocavalcantifilho@gmail.com)

<sup>4</sup> Professora, Doutora, Departamento de Zootecnia, UFPB, Areia, PB. E-mail: [adriana@cca.ufpb.br](mailto:adriana@cca.ufpb.br)

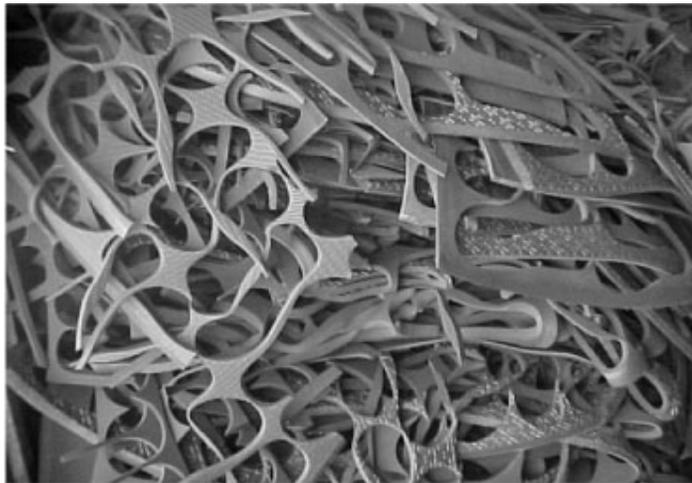
## INTRODUÇÃO

### RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CALÇADO

#### Segmento Produtivo Calçadista da Paraíba

Este segmento gera atualmente, cerca de 15 mil empregos diretos no estado da Paraíba, representando 18% do total de empregos, e exporta para 100 países, dentre eles: Estados Unidos, Canadá, Japão, Austrália, França, Itália, Espanha, Inglaterra, Alemanha, Argentina e China (SINDICALÇADOS, 2006).

As empresas paraibanas figuram em quarto lugar no ranking nacional de exportações do setor, ficando atrás do Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará (ABICALÇADOS, 2007). A produção de calçados na Paraíba deu um salto qualitativo muito grande nos últimos dez anos. Calçados fabricados até o ano 2000 usavam solados em PVC e hoje, com novos designers e uma qualidade superior, utilizam poliuretano (PU), estireno acetato de vinila (EVA, Figura 1) e borracha estireno-butadieno (SBR), tornando-se assim mais competitivos no mercado.



**Figura 1.** Resíduos da indústria calçadista proveniente do corte de chapas de EVA expandido

Na Paraíba, como em vários outros estados da Federação, a disposição deste material vem sendo realizada de forma desordenada, causando danos ambientais que necessitam ser mitigados ou, até mesmo eliminados, quer seja pela racionalização dos métodos de exploração e armazenamento, ou pela apresentação de soluções como o co-processamento nas indústrias cimentícias do Estado.

Durante a fabricação do calçado, geram-se resíduos de retalhos (sobras) das placas expandidas oriundos do processo de obtenção dos formatos dos calçados (corte) e possíveis refugos de solado, entressola ou palmilha dos calçados e os resíduos em forma de pó oriundo do lixamento do calçado na fase do acabamento.

#### EVA na construção

As propriedades técnicas dos componentes produzidos com agregados sintéticos leves do polímero EVA mostram que há melhoria do conforto térmico nas edificações, que é algo bem vindo nas regiões de temperaturas altas. Além disso, por serem componentes mais leves garantem um alívio de carga na estrutura dos edifícios e podem representar uma maior produtividade no fechamento de painéis de paredes, considerando que poderão ser utilizados elementos (blocos de vedação) com maior dimensão.

Este tipo de material residual do processo produtivo calçadista possui baixa massa específica bom comportamento como isolante térmico, não é susceptível a fungos e pode ser aproveitado como agregado sintético na elaboração de compósito leves utilizados na construção civil (POLARI FILHO et al. 2003).

BEZERRA (2002), por intermédio de ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água com os próprios blocos de vedação, observou que, de uma forma geral, com o traço 1:3 (cimento Portland: agregados, em volume) é possível ter boas condições para fabricação de blocos sem deixá-los muito frágeis para serem manuseados (resistência à compressão maior do que 1 MPa), ainda segundo BEZERRA (2002) o teor ideal de incorporação do resíduo de EVA como agregado leve é 60%, quando não se faz o seu tratamento térmico, e 70%, quando se faz tal tratamento, atingindo resistência à compressão de 2,5 MPa.

LEAL (2004), obteve em experimentos uma massa específica de  $930 \text{ kg/m}^3$ , resistência a compressão de  $1,2 \text{ MPa}$ , módulo de ruptura a flexão de  $0,7 \text{ MPa}$  para compósitos leves a base de cimento Portland e agregado sintético de resíduo EVA, o que garantem utilização como painéis, forros, testeiras, beirais. SANTOS (2005), em pesquisa utilizando resíduos de EVA granulado, aglomerado com cimento, onde confeccionou placas de  $4 \text{ cm}$  de espessura, utilizando traço (1:5), com pequena energia de prensagem (BEP), chegou à conclusão que este material mostra potenciais de utilização como revestimento acústico.



**Figura 2.** Aparas e Retalhos de EVA (A), Moinho de facas utilizado no beneficiamento do EVA (B) e peneira utilizada na separação do material (C)

## MATERIAL E MÉTODOS

Após coleta dos resíduos em indústrias locais, os mesmos foram armazenados no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente, sob condições que mantivessem o teor de umidade do resíduo encontrado nas instalações industriais.

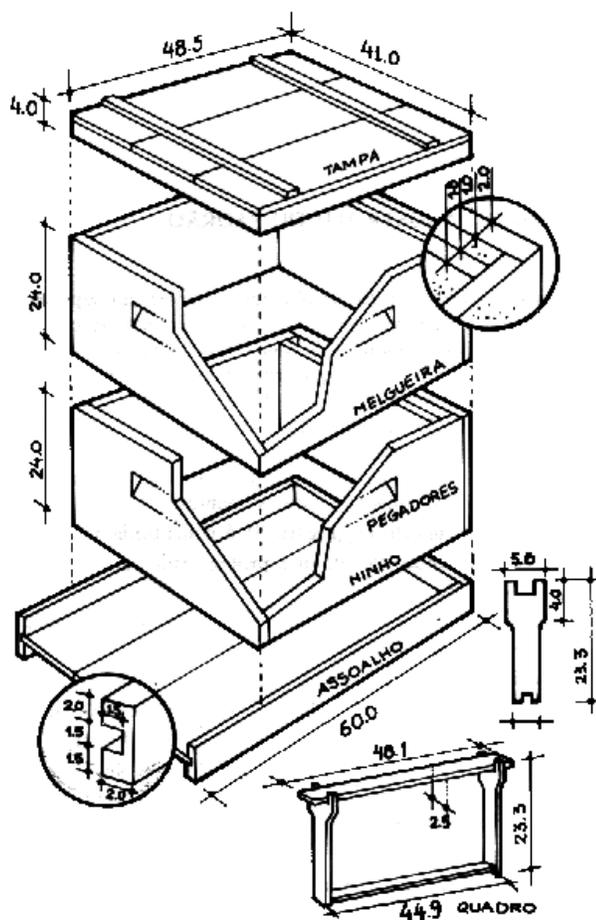
Para avaliação do comportamento térmico de compósito à base de EVA, foram produzidas placas no traço 1:6 (cimento: agregado EVA), em volume. As misturas foram homogeneizadas manualmente em um recipiente plástico com um fator água/cimento fixado em 0,55. A mistura dos materiais obedeceu a seguinte ordem: colocou-se o agregado de EVA no recipiente; adicionou-se todo o cimento (isto garante o envolvimento dos agregados, transformando-os em pelotas); adicionou-se a água de amassamento aos poucos até alcançar uma mistura uniforme.

Foram utilizadas uma prensa hidráulica de 30 toneladas e moldes confeccionados em aço e chapas de madeira compensada (Figura 3). A energia de prensagem utilizada foi fixa e igual a  $1,65 \text{ MPa}$ . As placas moldadas apresentaram um bom acabamento, especialmente nas placas 1:6 (Figura 3).



**Figura 3.** Placa durante moldagem e após a cura

Após confecção e cura das placas estas foram cortadas visando a construção de caixas de abelhas, em tamanhos compatíveis com o padrão Langstroth (Figura 4).



Componentes da colméia Langstroth ou padrão

Figura 4. Padrão de caixas Langstroth

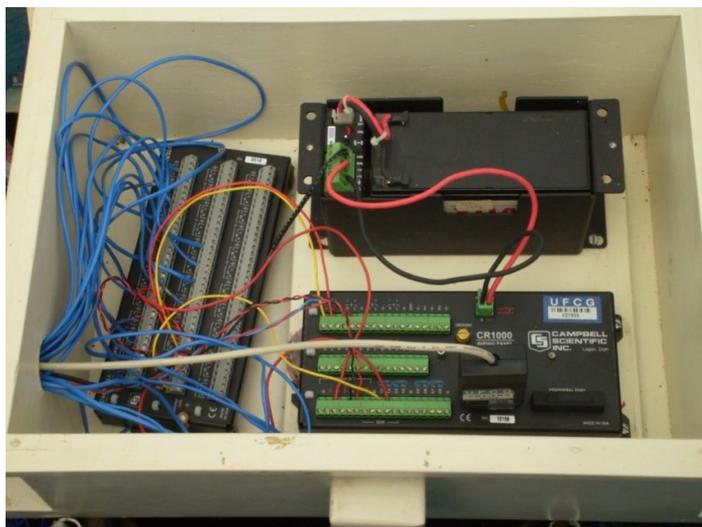
Foram confeccionadas ao todo 03 (três) caixas de resíduos de EVA (Figura 5), também foram adquiridas no comércio três caixas de madeira no mesmo padrão para realização do experimento.



Figura 5. Placas utilizadas para confecção das caixas e caixas em campo durante o experimento

### Avaliação térmica

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da UFPB, na cidade de Areia – PB, no brejo paraibano. Foram colocadas nas caixas de EVA abelhas do tipo *Apis mellifera*. Para a coleta de dados, foi utilizado um sistema de aquisição de dados composto por um módulo de medição e de controle, modelo CR1000, que pode ser observado na Figura 6.



**Figura 6.** Sistema de aquisição de dados

Os dados foram coletados de 10 em 10 minutos, sendo realizadas medidas (Figura 7) de temperatura (termopares tipo K, cobre-constantan).



**Figura 7.** Instrumentação realizada para medição dos dados

### **Caracterização climática de Areia – PB**

A cidade de Areia está localizada a 6° 57' latitude Sul e 35° 41' longitude Oeste na microrregião brejo paraibano. Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo AS', que se caracteriza por ser quente e úmido e temperatura média anual oscilando em torno de 23°C, com variações mensais, chegando nas noites mais frias a cerca de 10°C, tem precipitação pluviométrica média anual em torno de 1400 mm. A umidade relativa do ar oscila entre 75 e 90%.

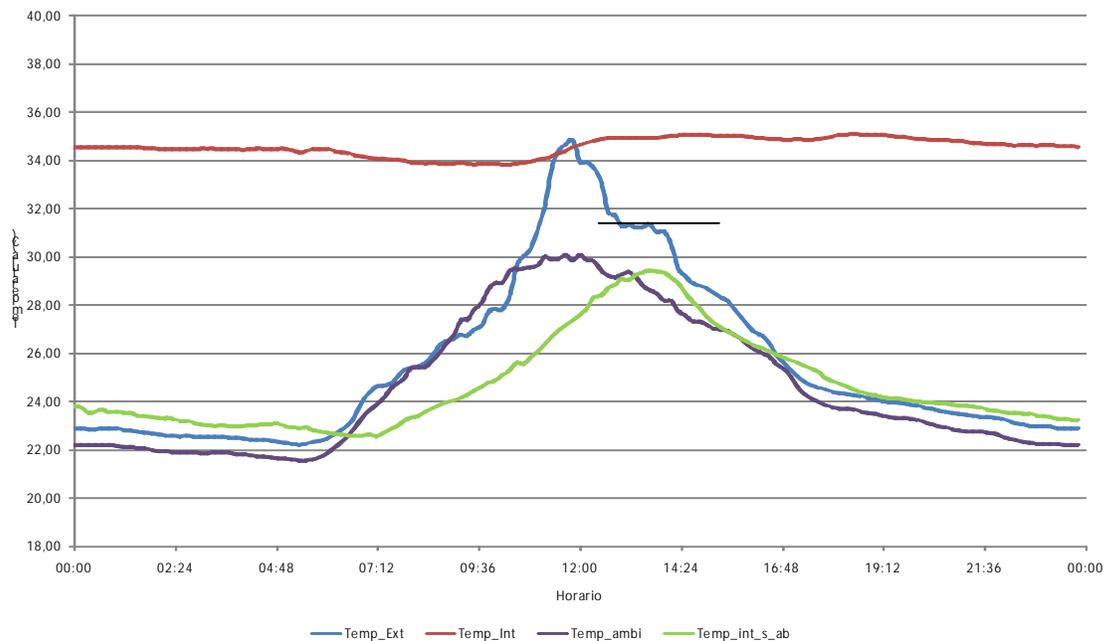
A finalidade de fabricação de caixas de abelhas modelo Langstroth com EVA em substituição a madeira é aprofundar os conhecimentos e a viabilidade técnica no aproveitamento e na aplicação do EVA como material construtivo não convencional.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Comportamento Térmico das Caixas de Resíduo de EVA e de Madeira**

Na Figura 8 verifica-se os valores médios de temperatura das caixas de abelha feitas com EVA. A temperatura interna (temp\_int) manteve-se em torno de 34°C, fato esse atribuído à presença das abelhas, que trabalham visando a manutenção da temperatura interna neste patamar. Quando numa possível tendência de acréscimo nas temperaturas as abelhas batem as asas proporcionando uma troca do ar

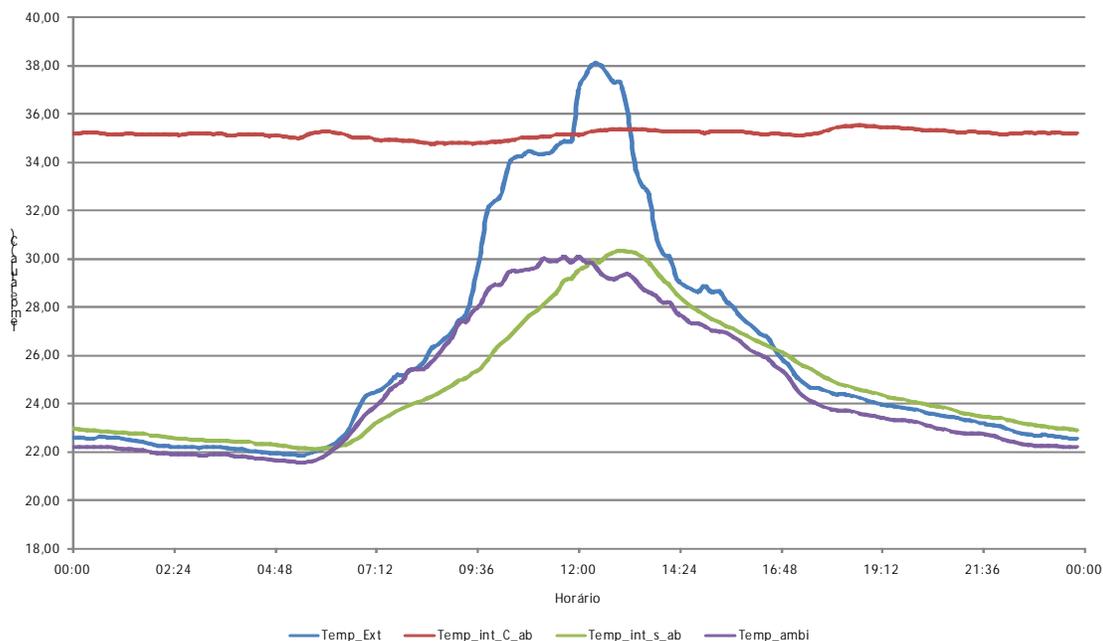
interno e assim diminuindo a temperatura. Já quando se tem uma tendência de queda na temperatura aumenta-se a presença de abelha na caixa, além de ser parado o bater de asas.



**Figura 8.** Comportamento da temperatura para as caixas de resíduo de EVA: Temperatura da tampa, interna com abelhas, interna sem abelhas e temperatura ambiente

Por volta do meio dia a temperatura da tampa (temp\_ext) atingiu seu valor máximo, cerca de 35°C, sendo ocasionada pela maior radiação solar, assim como a diminuição da umidade, fato que também se observa quanto a temperatura ambiente que chegou aos 30 °C. Das 12:30h às 13:30h a temperatura da tampa manteve-se ligeiramente estável em cerca de 31°C. Enquanto a temperatura ambiente (temp\_ambi) estava em 30°C, a temperatura interna (temp\_int\_s\_ab) no seu pico chegava aos 29°C, diferença de 1°C, demonstrando o potencial isolante do material utilizado na confecção das caixas, além da diferença, houve um retardo no pico da temperatura, o que é interessante já que possibilita uma reação por parte da colmeia no sentido do controle da temperatura.

Visualiza-se na Figura 9 os valores médios de temperatura das caixas de abelha modelo padrão (madeira, Langstroth) no qual verificou-se que a temperatura interna manteve-se em 35°C, quando da presença de abelhas, o que já era esperado, assim como ocorreu nas caixas de material alternativo. Em torno do meio-dia a temperatura da tampa atingiu 38°C, valor este acima do encontrado na tampa das caixas de EVA no mesmo horário. A temperatura ambiente estava em 30°C, temperatura esta semelhante à temperatura interna sem abelhas.



**Figura 9.** Comportamento da temperatura para as caixas madeira: Temperatura da tampa, interna com abelhas, interna sem abelhas e temperatura ambiente

## CONCLUSÃO

As caixas de madeira e de argamassa/EVA tiveram comportamento térmico semelhante quando com a presença das abelhas já na ausência delas, as novas caixas com EVA obtiveram um desempenho que retardou o pico de temperatura interna, o que pode ajudar as abelhas na redução da tarefa de manutenção da temperatura. As caixas de EVA obtiveram total aceitação pelas abelhas, que não rejeitaram o novo material em momento algum. O resíduo utilizado proporciona uma maior durabilidade, pelo fato de não ser atacado por decompositores naturais. O potencial de utilização do material existe e irá proporcionar uma diminuição na quantidade de resíduos lançados na natureza.

## AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/UFCG-CNPq pela concessão da bolsa; ao Centro de Ciências Agrárias da UFPB, na cidade de Areia – PB, na pessoa da Prof. Adriana E. Rodrigues pelo apoio concedido.

A todos os colegas do Laboratório de Construções Rurais e Ambiência (LaCRA) e a toda equipe que contribuiu com o desenvolvimento deste projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICALÇADOS. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br>>. Acesso 28/12/2007.

ALMEIDA, E. Sindicalçados. Publicação. Campina Grande PB. 2005.

BEZERRA, A. J. V. Utilização do resíduo da indústria de calçados (EVA – Etileno Acetato de Vinila) como agregado leve na produção de blocos vazados de concreto para alvenaria sem função estrutural, Dissertação de Mestrado, UFPB/CCT, 2002.

LEAL, A. F. Utilização de Resíduos das Indústrias de Cerâmicas e de Calçados na Elaboração de Materiais e Produtos a Base de Cimento Portland Reforçados com Fibras de Sisal: Campina Grande PB. Tese de Doutorado. UFCG/CCT. 2004.

POLARI FILHO, RS, MELO AB, BARBOSA N.P. A Reciclagem de Resíduos da Indústria de Calçados (EVA) na execução de painéis de vedação na construção civil: avaliação desempenho. João Pessoa, PB. 2003.

SANTOS, JLP. Estudo do potencial tecnológico de matérias alternativas em absorção acústica. Santa Maria: Editora UFSM. 2005.