

DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO AUTOMÁTICO PARA MEDIÇÃO DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Carneiro FERREIRA (1); Adeildo Cabral da SILVA (2)

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFETCE, 33073720, danielcarf@yahoo.com.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFETCE, 33073720, cabral@cefetce.br

RESUMO

Condutividade térmica é uma propriedade física implícita a cada material que indica sua facilidade em condução de calor. Usando a termodinâmica é possível medir a condutividade térmica de um corpo através da equação $dq/dt = -\lambda A dt/Dx$. Portanto, este projeto tem por objetivo desenvolver um equipamento automático que possa medir a condutividade térmica de determinados materiais da construção civil. Na primeira fase do trabalho, foram feitos ensaios com três tipos de tijolo, 1-adobe com fibra de coco, 2- adobe com cinza da castanha do caju e 3- tijolo maciço, que possui dados concretos conhecidos. O ensaio consiste na emissão de calor (300° C) em uma das extremidades do corpo de prova, na outra há um termopar, configurado para registrar a sua variação durante 30 minutos, com intervalos de 5 em 5 minutos, registrando os dados, o tempo de condução de calor e esfriamento. Os resultados de temperatura máxima em (°C) e esfriamentos em (min) encontrados foram: tijolo 1- (61°C e 45 min), tijolo 2- (81 °C e 40 min) e tijolo 3- (44 °C e 35 min). O ensaio realizado teve por objetivo simular o funcionamento da caixa de medição de condutividade térmica.

Palavras-chave: condutividade térmica, materiais da construção civil, conforto ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste subprojeto está integrado ao projeto PROAPP (Programa de Apoio à Produtividade em Pesquisa 2006/2007) intitulado APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PROVENIENTES DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DA CASTANHA DO CAJU E DO COCO VERDE COMO COMPONENTES DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA HABITAÇÃO, cujo objetivo principal é a utilização de terra crua associada com fibras vegetais (resíduos da castanha de caju e a fibra do coco verde) na fabricação de componentes da construção civil (tijolos, telhas, blocos, painel, etc).

Nas últimas décadas, verificou-se de forma mais acentuada na construção civil a busca por projetos arquitetônicos que viabilizem o que se chama de arquitetura bioclimática, ou seja, projetos que visam à harmonia entre a construção, o clima e as características locais. Em outras palavras, é a adoção de soluções arquitetônicas adaptadas às condições ambientais específicas de cada lugar.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes de ser explicada a metodologia para a medição da condutividade térmica, é importante conhecer o seu significado, bem como alguns conceitos relacionados.

De acordo com a NBR 02:135.07- 004:1997, condutividade térmica é o quociente do fluxo de calor pelo gradiente de temperatura nos corpos-de-prova, conforme a seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{q/A}{\Delta T/e} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde q é o fluxo de calor por condução através de um corpo-de-prova de espessura e e área A , em regime permanente, sujeita a uma diferença de temperatura ΔT entre as faces e λ é a condutividade térmica.

Segundo Corbella (2003), o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio as variações do clima externo e, em consequência, tomar decisões a respeito de quais materiais empregar num determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus habitantes.

De acordo com a norma NBR-5738/03 a moldagem e manuseio de corpos-de-prova bem executados é condição básica para garantir a representatividade da amostra. A Norma Brasileira NBR-5738/03 regulamenta os procedimentos de moldagem e cura de corpos-de-prova para ensaios de resistência à compressão de concreto.

Diante do exposto na norma é possível perceber a necessidade de se manter uma relação conhecida entre as dimensões do corpo de prova e o equipamento utilizado para as medições de condutividade térmica.

Ainda na área outras pesquisas relacionadas com a condutividade térmica vêm sendo desenvolvidas, variando apenas o material estudado, como por exemplo a pesquisadora BATTISTELLE (2002) que determina a condutividade térmica em materiais de construção mais especificamente de adobe.

3. METODOLOGIA

Para auxiliar na medição e obtenção de dados relacionados com condutividade térmica foi utilizado equipamentos como: Termopares (HOBO e tipo k), Transmissor de calor, Termômetro infravermelho e Cronometro que forneceram dados de temperaturas, tempo de ensaio, pontos máximos e mínimos de temperatura e geração de gráficos. Foi realizado ensaios com 3 tipos de corpos de prova (tijolo):

- Adobe com fibra de coco
- Adobe com cinza da castanha do caju
- Tijolo maciço

3.1 Procedimentos dos ensaios

Os ensaios de condutividade térmica foram realizados no laboratório de mecânica dos solos, com materiais e equipamentos do LERCA - Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental, os dados coletados foram descarregados no computador através de um dos termopares tipo HOBO, para análise e geração dos gráficos de comparação entre os corpos de prova.

Para medir a condutividade térmica de qualquer material, é necessário que se tenha um gradiente de temperatura, que é um fluxo de calor que ocorre de um objeto quente para um objeto frio, sempre neste sentido. Uma resistência elétrica percorrida por corrente é utilizada para gerar a energia calorífica necessária para se obter o gradiente de temperatura. Essa resistência elétrica, que tem formato cilíndrico, é colocada no interior do corpo de prova (amostra do material a ser testado).

Tanto o corpo de prova quanto a resistência elétrica tem dimensões constantes e padronizadas, de modo a facilitar a obtenção da condutividade térmica.

A figura 1 mostra um corte do conjunto formado pela resistência elétrica e o corpo de prova, onde a região central representa a resistência elétrica, e a região ao seu redor representa o corpo de prova.

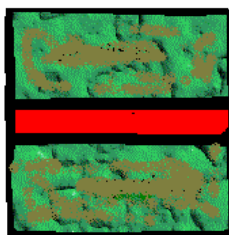


Figura1 – Corte transversal do conjunto resistência elétrica/corpo de prova

O corpo quente é a resistência elétrica (atravessada por uma corrente elétrica), e o corpo frio é a extremidade externa do cilindro formada pelo corpo de prova, já que o conjunto está devidamente isolado por uma caixa fechada e a temperatura externa à mesma é constante.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

4.1 Protótipo de Caixa

Foi desenvolvido um protótipo experimental como base para a aquisição de um produto final. Este protótipo é uma caixa experimental constituída de papelão, isopor, fita adesiva e um corpo de prova, (modelo utilizado para ensaios de materiais na construção civil) para identificar condutividade térmica de materiais de construção com as seguintes medidas 15 x 20 x 15 cm (figuras 3 e 4). Para o desenvolvimento do ensaio de condutividade térmica no protótipo, faz-se necessário a utilização de sensores de temperatura com termopares tipo HOBO (figura 2) e tipo k (figura 3 e 4), que vão mostrar as medições de aquecimento e esfriamento em um determinado tempo, estes serão colocados no interior da caixa, em volta do corpo de prova para obtenção de dados de todos os pontos do mesmo.

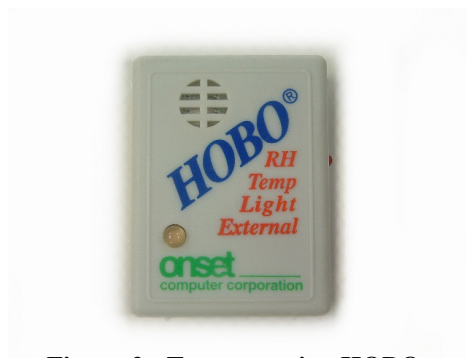


Figura 2 - Termopar tipo HOBO



Figura 3 – Caixa experimental para identificar condutividade termica e termopar tipo k.

4.2 Procedimento e resultado dos ensaios de condutividade térmica com tijolos de adobe

Consiste na emissão de calor (300 °C) em uma das extremidades do corpo de prova, na outra há um termopar tipo HOBO, aparelho que armazena os dados de temperatura, configurado para registrar a sua variação durante 30 minutos, com intervalos de 5 em 5 minutos, registrando os dados, o tempo de condução de calor e esfriamento. Os dados coletados são lançados no computador para a geração e análise dos gráficos.

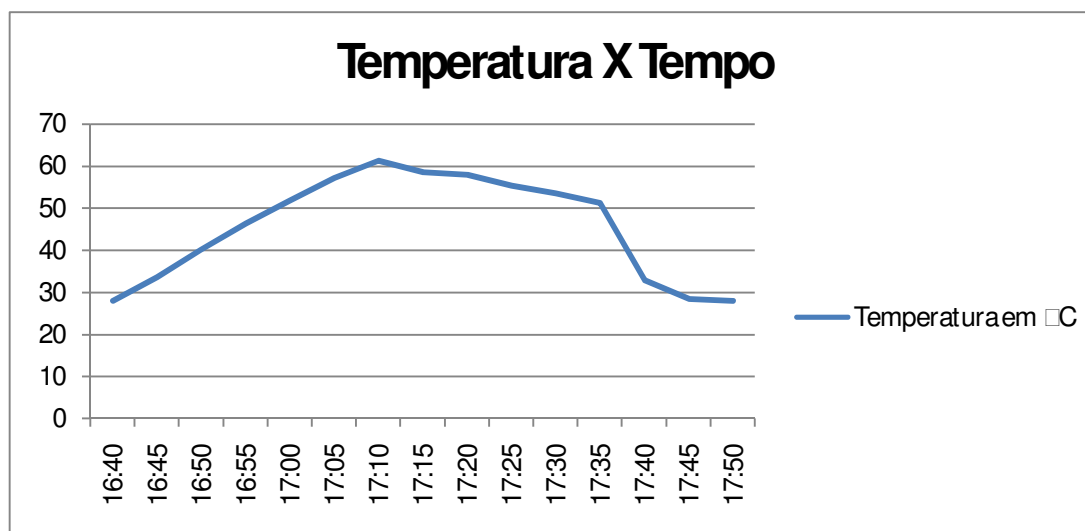
4.2.1 Ensaio de adobe com Fibra de coco

Observando o gráfico-1 da curva de temperatura pelo tempo, nota-se que com 30 minutos de ensaio o corpo de prova atingiu seu valor máximo de 61 °C, em seguida seu esfriamento se deu com a diminuição de 2 °C a cada 5 minutos até as 17:35, com uma temperatura de (51 °C), houve uma diminuição considerável na temperatura, que caiu para 32 °C as 17:40, se estabilizando na temperatura ambiente (27 °C), nos 10 minutos em seguida.

Tabela 1- Análise de temperatura Máx e Min e tempo

	Temperatura no ponto quente Máx e Min	Temperatura no pontofrio Máx e Min	Tempo de ensaio (minutos)	Tempo de esfriamento (minutos)
Adobe com fibra de coco	182 °C 27 °C	61 °C 27 °C	30	40

Gráfico 1 – curva de temperatura / tempo



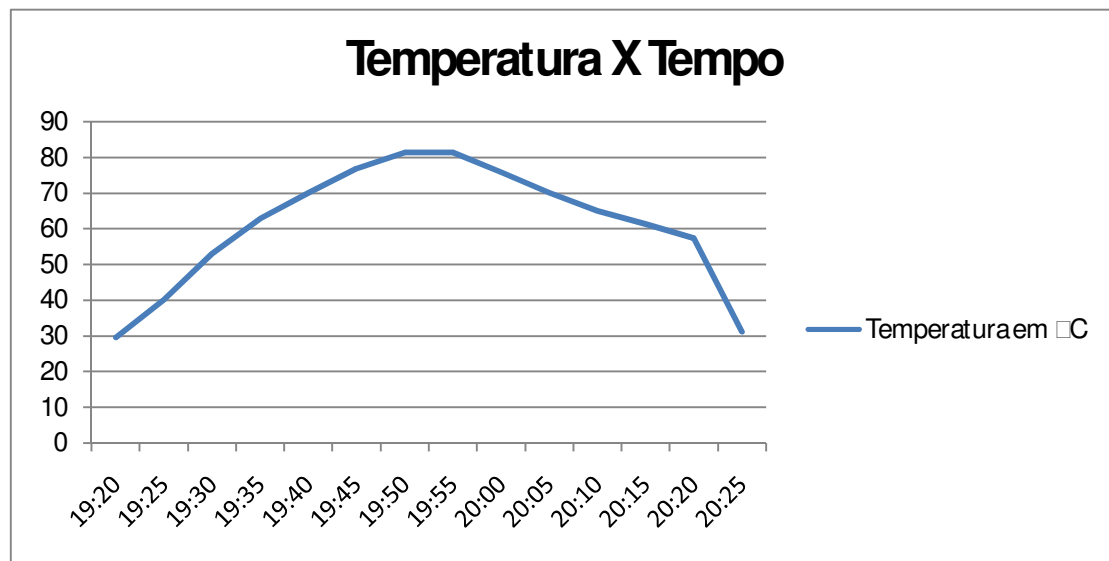
4.2.2 Ensaio de adobe com Cinza da Castanha do Caju

Observando o gráfico-2 da curva de temperatura pelo tempo, nota-se que com 30 minutos de ensaio o corpo de prova atingiu seu valor máximo de 81 °C, em seguida seu esfriamento se deu com a diminuição de 5 °C a cada 5 minutos até as 20:15, com uma temperatura de (57 °C), houve uma diminuição considerável na temperatura, que caiu para 31 °C as 20:20, se estabilizando na temperatura ambiente (27 °C) nos 5 minutos em seguida.

Tabela 2- Análise de temperatura Máx e Min e tempo

	Temperatura no ponto quente Máx e Min	Temperatura no ponto frio Máx e Min	Tempo de ensaio (minutos)	Tempo de esfriamento (minutos)
Adobe com cinza da castanha do caju	185 °C 27 °C	81 °C 27 °C	30	35

Gráfico 2 – curva de temperatura / tempo



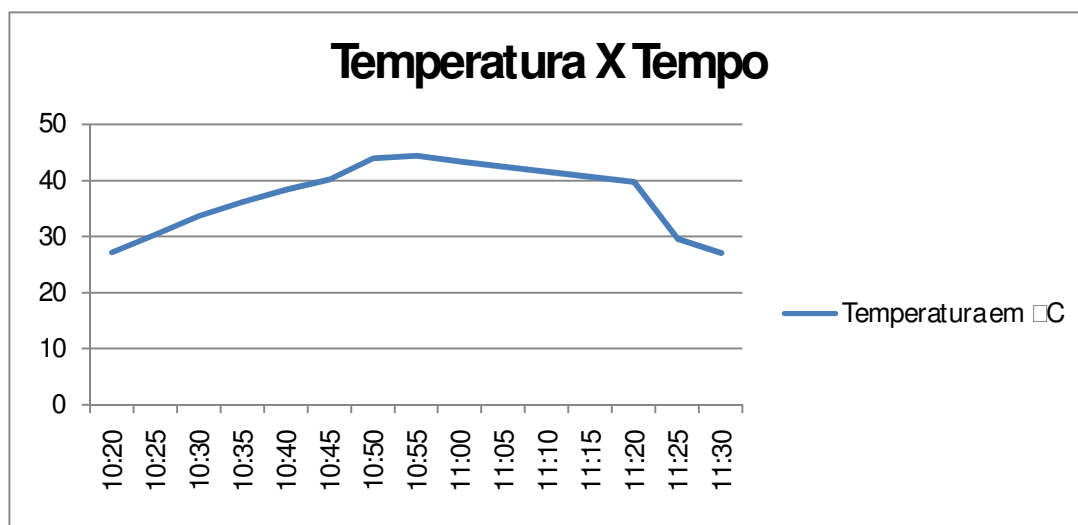
4.2.3 Ensaio do Tijolo Maciço

Observando o gráfico-3 da curva de temperatura pelo tempo, nota-se que com 30 minutos de ensaio o corpo de prova atingiu seu valor máximo de 44 °C, em seguida seu esfriamento se deu com a diminuição de 1 °C a cada 5 minutos até as 11:20, com uma temperatura de (39 °C), houve uma diminuição considerável na temperatura que caiu para 29 °C as 11:25, se estabilizando na temperatura ambiente (27 °C), nos 5 minutos em seguida.

Tabela 3- Análise de temperatura Máx e Min e tempo

	Temperatura no ponto quente Máx e Min	Temperatura no ponto frio Máx e Min	Tempo de ensaio (minutos)	Tempo de esfriamento (minutos)
Tijolo maciço	134 °C 27 °C	44 °C 27 °C	30	40

Gráfico 3 – curva de temperatura / tempo



5. CONCLUSÃO

No primeiro semestre de vigência da bolsa realizou-se a pesquisa bibliográfica a procura de trabalhos relacionados com o assunto e foram realizados os primeiros ensaios.

Depois de feita a análise dos dados coletados, o ensaio 2 de adobe com cinza da castanha do caju, apresentou a maior temperatura e o menor tempo de esfriamento, o ensaio 1 de adobe com fibra de coco, apresentou uma temperatura media em relação as outras duas e um tempo de esfriamento maior e o ensaio 3 do tijolo maciço, apresentou o menor valor de temperatura e tempo de esfriamento igual ao do ensaio 1, porém, possui a menor condutividade térmica, sendo o corpo de prova mais apropriado a ser utilizado.

A pesquisa necessita de investigação mais específica, no sentido de possibilitar o desenvolvimento do software e da caixa de medição.

REFERÊNCIAS

CORBELLA, Oscar. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** – conforto ambiental/Oscar Corbella. – Rio de Janeiro: Revan, 2003.

BATTISTELLE, R. A. G; **Análise da viabilidade técnica do resíduo de celulose e papel em tijolos de adobe**. Tese de doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. 5738/03 **Procedimentos para moldagem de corpos de prova de concreto**. Rio de Janeiro, 5 p. 1993

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. Projeto de Norma 02:135.07-004. **Desempenho térmico de edificações: Parte 4 – Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida**. 2003, 12p.