



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE COMPONENTES (BLOCOS EVA) EM PAREDES

Marçal Lima Filho (1), Elisângela Silva (2), Alúcio Braz de Melo (3)

(1) Engenheiro civil, doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (UFPB – João Pessoa), marcal_civil@yahoo.com.br

(2) Engenheira civil, doutora em Engenharia Mecânica (UFPB – João Pessoa), Professora visitante no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU/UFPB)
elisangellapereira@yahoo.com.br

(3) Doutor, professor associado dos Programas de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU - UFPB) e Engenharia Urbana e Ambiental (PPGEUA - UFPB), aluisiobmelo@hotmail.com

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Arquitetura, Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas, Cx Postal 350, João Pessoa - PB, 58.059-900, Tel. (83) 3216-7310

1. INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos das indústrias de calçados tem demandado soluções, principalmente nas regiões onde tais atividades se concentram. A reciclagem desses resíduos se apresenta como uma alternativa interessante para a incorporação desses materiais em outros produtos. Dentre as alternativas nos estudos de pesquisa básica aplicada é interessante destacar o incentivo à inovação e à experimentação de novos materiais, que possam ser utilizados nas edificações. No caso específico dos resíduos de EVA, estudos demonstram que há boas perspectivas de sua incorporação em componentes, à base de compósitos cimentícios, utilizáveis na construção civil. Tais estudos, realizados nos últimos 12 anos, contemplam uma evolução no desenvolvimento de um bloco, sem função estrutural, que utiliza os resíduos de EVA como agregado leve (GARLET, 1998; BEZERRA, 2002; POLARI FILHO, 2005; DE MELO & LIMA FILHO, 2009). Os resultados têm demonstrado adequada resposta do bloco EVA proposto (39cm x 19cm x 09cm), no que se refere ao seu desempenho mecânico.

O desempenho adequado das paredes executadas com blocos EVA (protótipo em escala real) frente aos impactos horizontais (impactos de corpo mole e duro; solicitações transmitidas por fechamentos bruscos de porta e cargas provenientes de peça suspensa) sugere que há grande potencial para aplicação do pré-moldado proposto nas alvenarias dos edifícios (DE MELO & LIMA FILHO, 2009). Entretanto, há que se reconhecer a importância da continuidade na experimentação do novo componente proposto, tendo em conta outros critérios e requisitos de desempenho para habitação como, por exemplo, a habitabilidade. Neste caso, a avaliação do desempenho térmico do bloco EVA é fundamental no prosseguimento das pesquisas. Este artigo apresenta uma avaliação, com base em ensaios exploratórios, que procura verificar, de modo comparativo, a variação de temperatura através de corpos de prova diferentes representados por paredes (1m²), construídas com blocos EVA e com tijolos cerâmicos.

Como experimento que tem alguma semelhança com o apresentado no presente artigo pode-se citar o estudo comparativo (BEZERRA, 2003) para comparação do comportamento térmico entre paredes confeccionadas com blocos de concreto convencional, com tijolos cerâmicos (8 furos) e com bloco de concreto leve (com incorporação de EPS em diferentes proporções nas misturas). A maior diferença de temperatura média entre faces, exposta e oposta, foi observada para parede construída com os blocos com EPS (25,3 °C) com a menor densidade (1.065 kg/m³). Silva (2003) verificou o comportamento térmico para paredes construídas com tijolos prensados de terra crua, com e sem incorporação de EVA (adição de 10% de EVA em pó em relação à massa de cimento). A avaliação do desempenho térmico de paredes construídas com os tijolos estudados mostrou que a incorporação de 10% de EVA em pó e 10% de cimento Portland (em

relação à massa de solo) conduziu a uma redução de 5 °C em relação a parede sem EVA.

2. OBJETIVO

O presente artigo apresenta dados preliminares da pesquisa em curso, que procura dar continuidade aos estudos anteriores com os blocos EVA, tendo em conta, nesta etapa, avaliar o desempenho térmico do pré-moldado proposto. Os dados preliminares baseados em ensaios exploratórios, ora apresentados, se referem basicamente aos resultados da variação de temperatura através de corpos de prova (parede com 1m²) construídas com blocos EVA (39cm x 19cm x 09cm) e com tijolo cerâmico (8 furos: 19cm x 19cm x 09cm). A princípio a análise comparativa para os dois materiais não terá como variável a espessura do componente, considerando que ambos (bloco EVA e tijolo cerâmico) têm a mesma espessura (9cm).

3. MÉTODO

O ensaio para verificação do comportamento térmico do corpo de prova (parede com 1m²) foi realizado no interior de um Protótipo, considerado neste caso como câmara de ensaio (Figura 01b). O Protótipo construído tem as seguintes características: área construída igual a 8,32m²; pé-direito igual a 2,95m; paredes executadas com blocos EVA (39cm x 19cm x 09cm), rebocada em massa única no traço 1:2:10 (cimento:cal:areia); cobertura em duas águas com madeiramento e telha canal cerâmica, sem utilização de forro; piso cimentado (Figura 01a). O micro-clima da envoltória deste Protótipo é influenciado pela presença de outras construções (Laboratórios) e arborização de grande porte nas suas proximidades. Nesta etapa, os ensaios foram realizados nos meses de fevereiro (blocos EVA) e abril (tijolos cerâmicos).

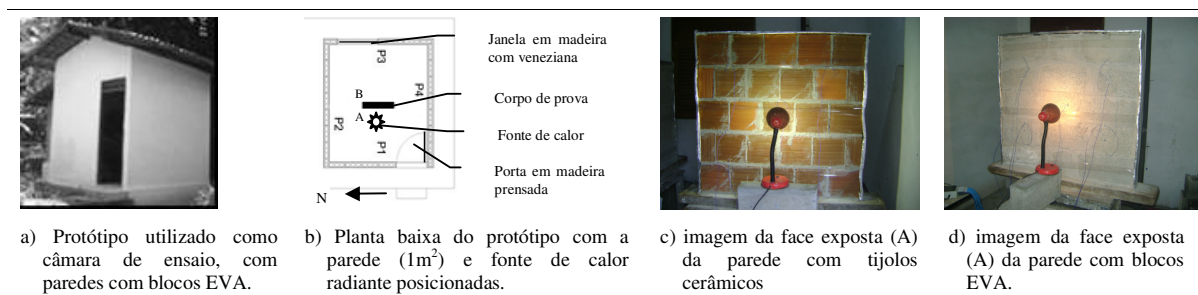


Figura 01 – Detalhes do ensaio para verificação da variação térmica entre as faces dos corpos de prova (parede com 1m²)

Na execução do corpo de prova (parede com 1,0m x 1,0m) com os blocos EVA foram utilizados componentes fabricados com as seguintes características: as dimensões foram 39cm x 19cm x 09cm; a dosagem utilizada foi 1:5 (em volume), sendo reproduzida a proporção 60% de EVA ($D_{máx}=9,5\text{mm}$) e 40% de areia ($D_{máx}=2,4\text{mm}$) e o cimento Portland utilizado foi CP II F 32. Na fabricação dos componentes adotaram-se os controles de produção consolidados nos estudos anteriores (MELO & LIMA FILHO, 2009), tais como: seqüência de mistura dos materiais em betoneira (320 litros); moldagem dos blocos em máquina vibro-prensa semi-automática e cura dos blocos em Câmara Úmida, seguido de imersão em água saturada em cal. A resistência à compressão média desses blocos EVA, aos 28 dias, como esperada foi igual a 1,35MPa. A densidade do bloco EVA assim produzido foi igual a 1.192kg/m³. A argamassa de assentamento utilizada na execução da parede/corpo de prova foi no traço 1:2:10 (cimento:cal:areia). O corpo de prova com tijolos cerâmicos, utilizando componentes adquiridos no comércio local, foi executado utilizando a mesma argamassa de assentamento. A colocação dos sensores de temperatura (termopares) diretamente na superfície dos componentes (blocos EVA e tijolos cerâmicos) foi feita somente três dias após a execução da parede (corpo de prova). A figura 01 mostra os posicionamentos dos corpos de prova e da fonte de calor radiante.

Nos corpos de prova ensaiados foram colocados dez termopares compostos de fio cobre (+) e constata (-), com bainha e isolante de plástico. Cinco termopares foram colocados em cada face da parede, conforme Figura 02a (face “A” exposta ao calor) e 2b (face “B” oposta ao calor), de modo que o termopar central (termopar 1) recebesse a maior incidência da fonte radiante de calor. Portanto, considera-se que a área efetiva do corpo de prova perpendicular ao fluxo de calor é reduzida a um círculo em torno do termopar central, com raio aproximadamente igual a 25cm. Os termopares nº 2, 3, 4 e 5, na face exposta ao calor, foram posicionados aproximadamente a uma distância de 20cm da borda (perímetro) do corpo de prova.

Como fonte de calor utilizou-se uma lâmpada de 250W colocada a uma distância de 20cm da parede. Na outra face “B” (oposta ao calor) foram colocados os outros cinco termopares (nº 6, 7, 8, 9 e 10), sendo posicionados simetricamente opostos à posição dos termopares colocados na face “A” da parede, conforme Figura 02b. Para regularizar o fluxo de calor radiante através do corpo de prova e diminuir a dissipação do calor para o meio ambiente, placas de isopor (espessura igual a um centímetro) revestidas com papel alumínio foram colocadas nas faces correspondentes à espessura da parede/corpo de prova (Figura 01c e 1d).

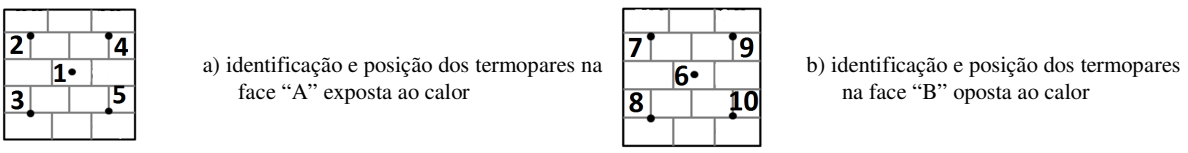


Figura 02 – Instrumentação no ensaio para verificação da variação térmica entre as faces do corpo de prova (parede com 1m²)

Os termopares foram posicionados na superfície dos componentes do corpo de prova com fixador para fio e ligados a um sistema de aquisição de dados Datalogger Almemo 2890-9, o qual foi programado para efetuar a coleta de dados a cada minuto. O ensaio teve duração total de trinta e quatro horas (iniciando-se às 14:00 horas), sendo que durante vinte e quatro horas a lâmpada permaneceu ligada. A temperatura interna à câmara de ensaio também foi registrada durante o período de ensaio nos seguintes horários: 8:00horas; 12:00horas e 14:00horas, sendo identificadas as temperaturas máximas para cada dia de ensaio com corpos de prova diferentes. Os dados da temperatura nos termopares foram sistematizados pela média aritmética dos valores coletados para cada 60 minutos de ensaio, entretanto os resultados apresentados em gráfico (Figura 03) consideram a variação entre as temperaturas medidas nos termopares centrais (nº 1 e nº 6) nas duas faces em cada corpo de prova (blocos EVA e tijolos cerâmicos), em função do tempo de exposição ao calor (24 horas). A temperatura média global para cada face dos corpos de prova ensaiados foi calculada sem considerar os dados registrados nas 4 primeiras horas de exposição ao calor, por ser um período em que as temperaturas nos termopares centrais ainda estão se elevando até atingir patamares mais definidos.

4. RESULTADOS PARCIAIS

Na Figura 03 observam-se as variações de temperaturas (médias por hora) para os termopares instalados na parte central das paredes ensaiadas com blocos EVA e com tijolos cerâmicos. As temperaturas máximas registradas no interior da câmara de ensaio foram 32,6 °C e 30,0 °C (às 14:00 horas) durante a exposição de calor aos corpos de prova com blocos EVA e tijolos cerâmicos, respectivamente.

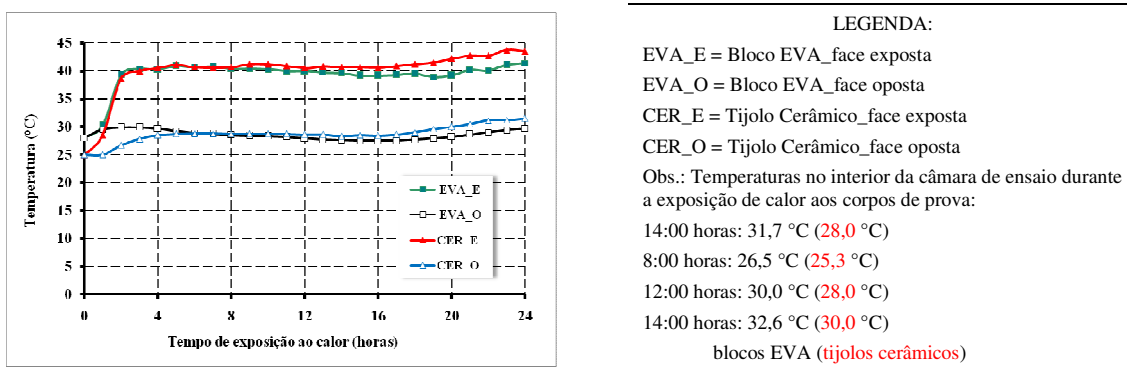


Figura 03: Temperatura média horária em função do tempo de exposição ao calor para cada corpo de prova

O comportamento observado é praticamente padrão para os dois corpos de prova, sendo percebido que após aproximadamente as quatro primeiras horas de ensaio, a temperatura do termopar central (termopar nº1), na face exposta ao calor radiante, chega a 40 °C, mantendo-se ao longo das horas seguintes com pequenas variações de temperatura. A partir das últimas 6 horas do ensaio com a fonte de calor acionada há uma pequena tendência de elevação dessa temperatura provavelmente influenciada pela pequena elevação da

temperatura interna à câmara do ensaio (protótipo). As maiores temperaturas (alcançadas ao completar-se 24 horas do ensaio) registradas nos termopares centrais (termopar nº 1) colocados na face exposta ao calor foram iguais a 41,4 °C e a 43,5 °C, para os corpos de prova com blocos EVA e com tijolos cerâmicos, respectivamente. Para a face oposta dos corpos de prova (a partir de leituras no termopar nº 6) as temperaturas máximas foram 29,7 °C e 31,5 °C, com blocos EVA e com tijolos cerâmicos, respectivamente.

Deve-se destacar que apenas para as leituras registradas nos termopares centrais (termopar nº 1 e nº 6) foi possível se estabelecer grandes diferenças entre as temperaturas médias das faces (exposta e oposta) para os dois corpos de prova. Ou seja, para os termopares colocados próximos às bordas das paredes, as variações entre as temperaturas foram muito pequenas, o que permite estabelecer neste estudo com certa segurança como área de ensaio do corpo de prova perpendicular ao fluxo de calor apenas o círculo em torno do termopar central, com raio aproximadamente igual a 25cm.

Na Figura 04 observam-se as temperaturas médias globais para cada face (exposta e oposta) dos corpos de prova e a variação de temperatura (°C) para cada termopar instalado nas paredes ensaiadas. Para o corpo de prova com blocos EVA, a temperatura média global na face exposta foi de 39,9 °C (termopar nº 1), enquanto para o termopar correspondente na face oposta (termopar nº 6) a temperatura média global foi de 28,2 °C, apresentando uma variação de temperatura de 11,7 °C. Para o corpo de prova com tijolos cerâmicos, a temperatura média global na face exposta foi de 40,9 °C (termopar nº 1), enquanto para o termopar correspondente na face oposta (termopar nº 6) a temperatura média global foi de 30,2 °C, apresentando uma variação de temperatura de 10,7 °C. Com base nesse resultado verifica-se que a diferença entre os comportamentos dos dois corpos de prova é de apenas 1,0 °C, considerando as temperaturas registradas no termopar central, o que pode ser uma característica interessante para o bloco EVA (39cm x 19cm x 09cm) no que se refere ao seu desempenho térmico ser aproximadamente igual ao tijolo cerâmico.

<table border="1"> <tbody> <tr> <td>2 (29,8 °C)</td> <td>4 (29,9 °C)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1 (39,9 °C)</td> </tr> <tr> <td>3 (30,4 °C)</td> <td>5 (30,3 °C)</td> </tr> </tbody> </table>	2 (29,8 °C)	4 (29,9 °C)	1 (39,9 °C)		3 (30,4 °C)	5 (30,3 °C)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>7 (28,8 °C)</td> <td>9 (28,8 °C)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">6 (28,2 °C)</td> </tr> <tr> <td>8 (28,9 °C)</td> <td>10 (28,6 °C)</td> </tr> </tbody> </table>	7 (28,8 °C)	9 (28,8 °C)	6 (28,2 °C)		8 (28,9 °C)	10 (28,6 °C)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>1,0 °C</td> <td>1,1 °C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">11,7 °C</td> </tr> <tr> <td>1,5 °C</td> <td>1,7 °C</td> </tr> </tbody> </table>	1,0 °C	1,1 °C	11,7 °C		1,5 °C	1,7 °C	Corpo de prova com Blocos EVA
2 (29,8 °C)	4 (29,9 °C)																				
1 (39,9 °C)																					
3 (30,4 °C)	5 (30,3 °C)																				
7 (28,8 °C)	9 (28,8 °C)																				
6 (28,2 °C)																					
8 (28,9 °C)	10 (28,6 °C)																				
1,0 °C	1,1 °C																				
11,7 °C																					
1,5 °C	1,7 °C																				
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>2 (26,8 °C)</td> <td>4 (28,0 °C)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1 (40,9 °C)</td> </tr> <tr> <td>3 (28,8 °C)</td> <td>5 (27,5 °C)</td> </tr> </tbody> </table>	2 (26,8 °C)	4 (28,0 °C)	1 (40,9 °C)		3 (28,8 °C)	5 (27,5 °C)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>7 (26,3 °C)</td> <td>9 (26,7 °C)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">6 (30,2 °C)</td> </tr> <tr> <td>8 (27,7 °C)</td> <td>10 (26,2 °C)</td> </tr> </tbody> </table>	7 (26,3 °C)	9 (26,7 °C)	6 (30,2 °C)		8 (27,7 °C)	10 (26,2 °C)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>0,5 °C</td> <td>1,3 °C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">10,7 °C</td> </tr> <tr> <td>1,1 °C</td> <td>1,3 °C</td> </tr> </tbody> </table>	0,5 °C	1,3 °C	10,7 °C		1,1 °C	1,3 °C	Corpo de prova com tijolos cerâmicos
2 (26,8 °C)	4 (28,0 °C)																				
1 (40,9 °C)																					
3 (28,8 °C)	5 (27,5 °C)																				
7 (26,3 °C)	9 (26,7 °C)																				
6 (30,2 °C)																					
8 (27,7 °C)	10 (26,2 °C)																				
0,5 °C	1,3 °C																				
10,7 °C																					
1,1 °C	1,3 °C																				
Face exposta	Face oposta	Variação de temperatura																			

Figura 04: Temperaturas médias globais (em °C) para cada face dos corpos de prova e variações de temperaturas registradas para cada termopar, em função de suas posições nas faces das paredes.

Os resultados ora apresentados ainda não são conclusivos, mas demonstram que para o bloco EVA há perspectivas de desempenho térmico semelhante ao tijolo cerâmico. Na verdade, se espera que o bloco EVA, por ser composto com concreto leve, possa apresentar melhores resultados no que se refere às outras propriedades térmicas, cujos ensaios estão em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, A. J. V. (2002). **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, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 115p.
- BEZERRA, C. A. L. (2003). **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN. 64p.
- DE MELO, A. B.; LIMA FILHO, M. R. F. (2009). Avaliação de desempenho estrutural de protótipo com paredes construídas com blocos EVA. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 141 – 155 out. /dez.
- GARLET, G. (1998). **Aproveitamento de resíduos de EVA (ethylene vinyl acetate) como agregado para concreto leve na construção civil**. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 140p.
- POLARI FILHO, R.S. (2005). **Contribuição ao processo de reciclagem dos resíduos da indústria de calçados na construção civil: Bloco EVA uma alternativa às alvenarias das construções**. Dissertação de Mestrado. UFPB. João Pessoa, 89p.
- SILVA, P. E. (2003). **Incorporação de resíduo da indústria de calçados (EVA- etileno vinil acetato) em tijolos prensados de terra crua**. Dissertação Mestrado, UFPB, Campina Grande, 81p.