

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE BLOCOS ESTRUTURAIS CERÂMICOS PREENCHIDOS COM MATERIAIS LEVES UTILIZANDO TERMOGRAFIA

M. Carvalho^{1,*}, R. Landell¹, G.F.Ghilardi¹, S.C. Amico¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

*arq.milene@gmail.com

RESUMO

Materiais aplicados na construção têm sido importantes para fornecer segurança e conforto às pessoas. Quanto melhores as propriedades térmicas, menos energia é necessária para aquecer ou resfriar uma área construída. A norma brasileira NBR 15575:2013 Desempenho de Edificações Habitacionais, padronizou desempenhos térmicos para construções. O bloco cerâmico estudado atende o padrão mínimo, porém acredita-se que seu desempenho possa ser melhorado utilizando materiais de características isolantes dentro de seus furos verticais. Assim, quatro amostras foram produzidas com o preenchimento dos vazados dos blocos com compósitos de matriz cimentícia utilizando os seguintes agregados leves: argila expandida, vermiculita, poliestireno expandido - EPS e perlita expandida. Os blocos finais foram analisados por termografia e comparados ao bloco cerâmico vazado padrão. Concluiu-se que o preenchimento dos vazados dos blocos com todos os materiais leves proporcionou um desempenho térmico melhor que o bloco padrão, com melhorias mais significativas com perlita expandida e vermiculita.

Palavras chave: bloco cerâmico, materiais leves, isolamento térmico, termografia.

INTRODUÇÃO

O conforto térmico de ambientes é um tema muito discutido, quando se pensa em arquitetura, engenharia e sustentabilidade energética. No que se refere à sustentabilidade energética, o tema é sempre relacionado aos índices de consumo

de energia elétrica decorrentes do uso de sistemas de ar condicionado para se alcançar o conforto térmico desejado^(1,2,3). Esse consumo é consequência, principalmente, dos elementos arquitetônicos, dos materiais utilizados, dos aspectos climáticos locais e das demandas de conforto humano^(4,5). A determinação das propriedades térmicas de materiais construtivos é, portanto, um relevante campo de estudo dentro da engenharia de materiais e civil para que seja feita a correta seleção dos materiais a serem utilizados em cada situação.

Nesse sentido, este estudo buscou subsídios em ensaios de laboratório para avaliar o desempenho térmico de alguns materiais utilizados como agregados leves. Esses agregados foram ligados por matriz cimentícia para o preenchimento de um bloco estrutural cerâmico de 10MPa de resistência à compressão, que é comumente utilizado como componente plano na construção de alvenarias no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com o bloco estrutural cerâmico da indústria Pauluzzi Produtos Cerâmicos. O bloco, Figura 1, é produzido com uma composição de 3 tipos de argila, a densidade desta mistura de argilas é de aproximadamente 1980kg/m³. A sua fabricação é feita por extrusão, secagem e queima a uma temperatura de aprox.918°C. O produto possui resistência à compressão característica de 10MPa, peso aproximado de 8kg e dimensões de 14×19×29cm³.

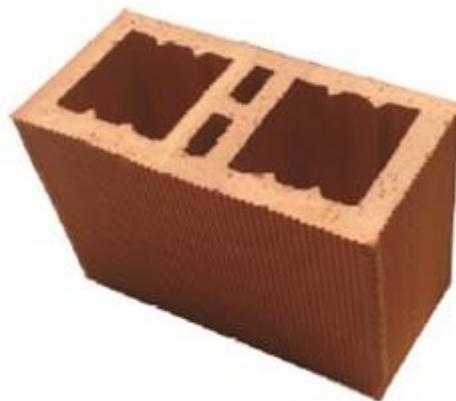


Figura 1: Bloco estrutural cerâmico padrão avaliado.

Foram produzidos compósitos com quatro diferentes agregados leves para preenchimento dos vazados verticais dos blocos estruturais cerâmicos: argila expandida, EPS, vermiculita e perlita expandida, detalhadas a seguir.

(a) Argila expandida: Material cerâmico leve com um núcleo com formato arredondado e uma densidade média de $\approx 350 \text{ kg/m}^3$. No experimento, foi utilizado material com granulometria variando entre 5-30mm.

(b) EPS: Polímero celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água. As pérolas expandidas desse material apresentam em seu volume até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em 1 m^3 de EPS expandido, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar^(6,7). No experimento foi utilizado EPS picado com granulometria variando entre 2-25mm.

(c) Vermiculita: Mineral formado essencialmente por silicatos hidratados de alumínio e magnésio. Quando submetida a um aquecimento de aproximadamente 871°C , a água contida entre suas milhares de lâminas se transforma em vapor fazendo com que as partículas explodam e se transformem em flocos sanfonados. Cada floco expandido aprisiona consigo células de ar inerte, o que confere ao material excepcional capacidade de isolamento^(7,8). No experimento, foi utilizada uma granulometria entre 0,5-5mm.

(d) Perlita expandida: Vidro vulcânico, mineral de composição riolítica e com ponto de fusão de 1260°C . Cheio de fissuras concêntricas, originando áreas esferoidais, em torno das quais as fissuras se repetem^(9,10,11,12). No experimento foi utilizado o material com granulometria variando entre 1-3mm.

Foi realizada microscopia para avaliar a forma e a dimensão granulométrica de cada material incorporado em um microscópio estereoscópio SZX 162 Zomm.

A preparação das amostras foi feita com o preenchimento dos vazados verticais de quatro blocos com compósitos dos materiais leves com matriz cimentícia de cimento CIIII acompanhado de aditivo incorporador de ar e água. A mistura foi feita manualmente em um balde e posteriormente colocada dentro dos dois vazados verticais que apresentam volume de 1658 cm^3 cada.

A Tabela 1 apresenta a composição das misturas estudadas. As variações de volume de cimento CIIII e água se deram devido ao comportamento de cada material na mistura. No caso da mistura da Amostra 1 foi necessária a adição de 2 vol. de vermiculita para encorpar a composição devido à dimensão do agregado. O objetivo foi sempre utilizar o máximo de agregado leve possível para se ter o menor peso

final. Após a moldagem, as amostras foram secas e posteriormente pesadas para aferir o aumento de peso em cada uma delas (também mostrado na Tabela 1).

Tabela 1. Composição das misturas produzidas.

	Agregado leve	Cimento CII	Aditivo incorporador (lauril sulfato de sódio)	Água	Aumento de peso
Amostra 1	18 vol. de argila expandida+2 vol. de vermiculita	4,5 vol.	0,01 vol.	4 vol.	2590 g
Amostra 2	18 vol. de EPS	4,0 vol.	0,01 vol.	4 vol.	970 g
Amostra 3	18 vol. de vermiculita	3,0 vol.	0,01 vol.	9 vol.	1885 g
Amostra 4	18 vol. de vidro vulcânico expandido	3,0 vol.	0,01 vol.	5 vol.	1350 g

Para a avaliação do desempenho térmico de cada amostra, foi realizado ensaio de termografia infravermelha, que consistiu em submeter uma das faces de cada bloco a uma fonte de calor canalizada e medir a temperatura da outra face ao longo do tempo. Como fonte de calor utilizou-se um aquecedor elétrico da marca Springer de 1500 W de potência e para canalizar o aquecimento, foi construído um duto de EPS, conforme apresentado na Figura 2. O aquecedor foi colocado a uma distância de aprox. 15cm da face do bloco. Para registrar variação da temperatura, foi utilizado um termógrafo modelo TESTO 890.

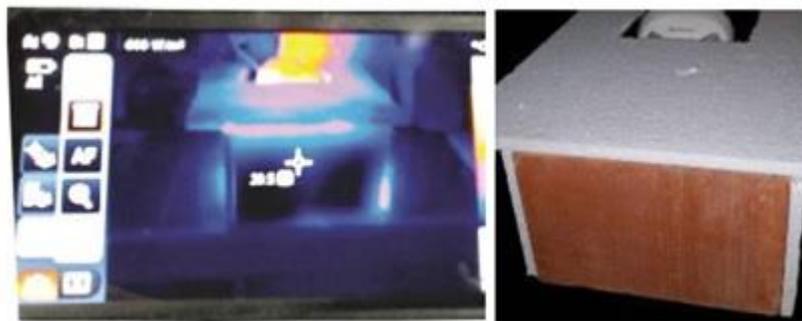


Figura 2: Termografia de Infravermelho

O ensaio iniciava ao ligar o aquecedor, e teve a duração de aprox. 69 min. No tempo zero foi realizado o primeiro registro de temperatura do bloco e a cada 3 min foi realizada uma nova medição, possibilitando assim acompanhar o aumento da

temperatura ao longo do tempo. O mesmo procedimento foi realizado para as cinco amostras (1 padrão e outras 4 detalhadas na Tabela 1). Após o tempo de ensaio, o bloco foi virado para medição da temperatura da face oposta e posteriormente deitado para a verificação da transmissão do calor de uma face à outra. Os dados das medições foram analisados no software Testo IRSoft que permite a medição de pontos específicos e a medição da média de temperatura da face analisada. Foi gerado um gráfico comparativo das amostras, considerando a distribuição da temperatura ao longo do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a medição da temperatura da face do bloco, foi padronizada a utilização da média da temperatura da face oposta à que estava exposta ao calor. Assim, para cada bloco foi verificada a temperatura ao longo do tempo e gerado um gráfico para comparar os resultados^(13,14,15). A Figura 3(a-e) apresenta uma imagem de topo dos cinco blocos ao final de cada ensaio para analisar a distribuição da temperatura. Nas partes mais alaranjadas a temperatura é mais alta, enquanto nas partes mais azuladas ela é mais baixa. É possível observar que nas amostras preenchidas, o calor se dissipou pelo material ligante utilizado (matriz) na preparação dos compósitos, visto que é possível identificar os grãos dos agregados a uma temperatura menor que o seu entorno. Um bom exemplo desse fenômeno é a Figura 3(b), na qual os grãos de EPS são bem visíveis devido à sua grande dimensão.

A Figura 3(f) mostra a distribuição do calor em cada amostra junto com a escala de temperatura, onde é possível analisar a dissipação de calor durante o ensaio e a diferença de temperatura entre as faces quente e fria. Pode-se observar que os blocos não começaram o ensaio com as temperaturas iguais, pois o teste foi realizado em uma sala com a temperatura ambiente não controlada e os ensaios foram realizados em diferentes horários ao longo do dia. Vê-se também uma grande diferença entre a capacidade de isolamento das amostras que possuem material agregado em seu interior e o bloco vazio. A temperatura do bloco sem preenchimento no final do ensaio foi superior a todas outras amostras. A perlita expandida foi o material que obteve o menor acréscimo de temperatura, partindo de 25,6°C e alcançando 30,9°C em 69 minutos de aquecimento.

Para a análise comparativa entre as amostras foi gerado um gráfico com a evolução das temperaturas, Figura 3(f). A curva com a menor inclinação corresponde ao material mais isolante, isto é, varia menos a temperatura ao longo do tempo.

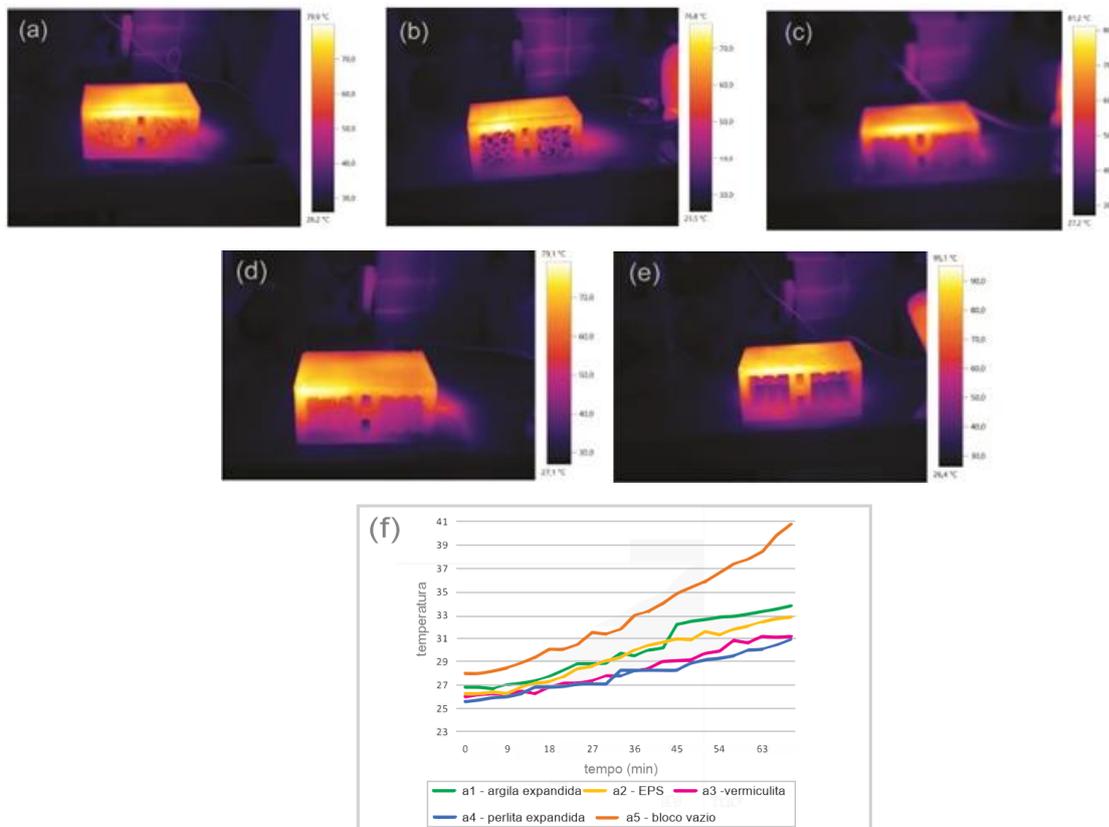


Figura 3: Termografia dos blocos cerâmicos: (a) Bloco com argila expandida, (b) Bloco com EPS, (c) Bloco com vermiculita, (d) Bloco com perlita expandida, (e) Bloco padrão, (f) Medida de temperatura pelo tempo em cada caso.

Foi observado que o aquecimento do bloco não ocorreu de maneira uniforme. A Figura 4 mostra que, nessas áreas, a temperatura é superior à do centro. As laterais do bloco e a faixa vertical central aquecem primeiro pois nelas o calor é transmitido apenas pelo material do bloco (argila de densidade 1980 kg/m^3) já que não há elemento isolante nas paredes dos blocos.

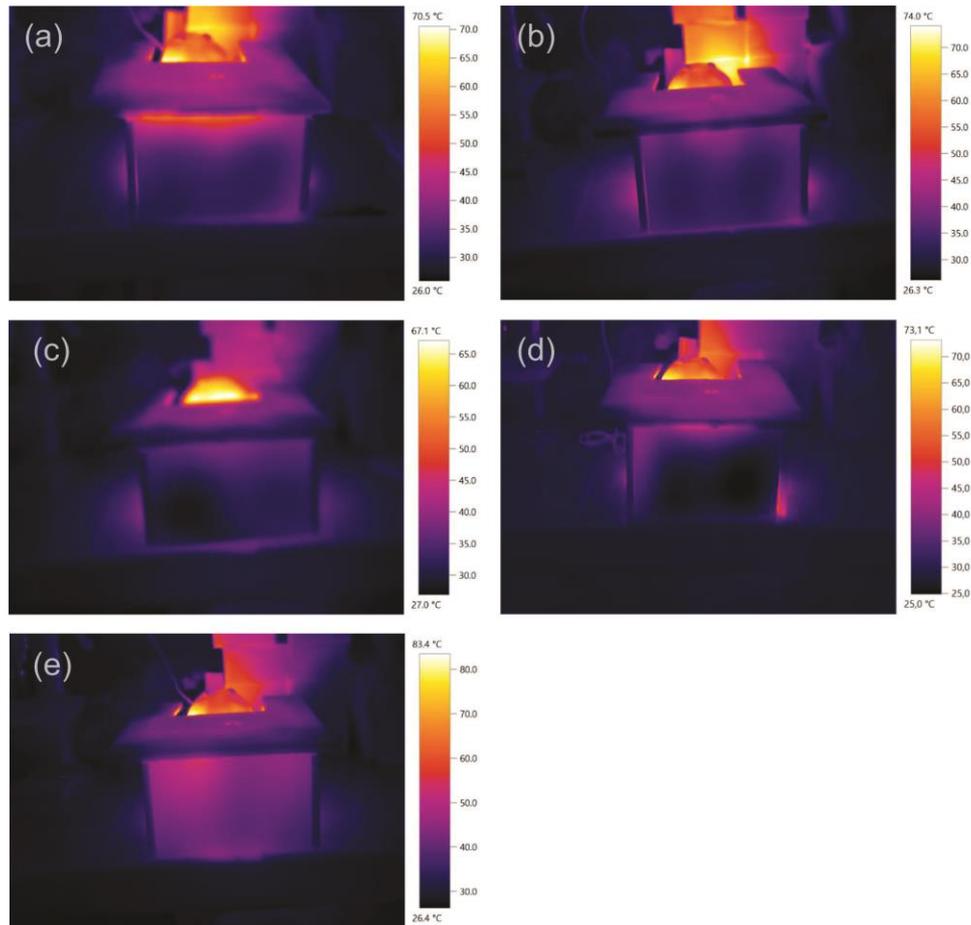


Figura 4: Termografia lateral dos blocos cerâmicos:(a)Bloco com argila expandida, (b)Bloco com EPS, (c) Bloco com vermiculita, (d) Bloco com perlita expandida, (e) Bloco padrão, (f) Medida de temperatura pelo tempo em cada caso.

Através da microscopia pode-se observar a dimensão, forma granulométrica e porosidade das cargas (Figura 5). Acredita-se que estas características influenciaram nos resultados, pois conforme pode se observar nas imagens da termografia o fluxo de calor fluiu pela matriz cimentícia e nas amostras com maior granulometria a proporção de matriz acabou sendo maior.



Figura 5: Microscopia da: (a) argila expandida, (b) poliestireno expandido - EPS, (c) vermiculita e (d) perlita expandida.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que os materiais mais adequados para a utilização como isolante térmico são a perlita expandida e a vermiculita. Ambos apresentaram curvas de aumento de temperatura ao longo do tempo muito parecidas, com a perlita expandida tendo o melhor desempenho. Acredita-se que a diferença de granulometria dos agregados leves (elementos isolantes) pode ter influenciado no fluxo de calor da face mais quente para a mais fria. Nas amostras com grandes tamanhos de partículas, o calor tendeu a fluir pela matriz composta de cimento, aditivo incorporador de ar e água. Assim, os próximos estudos irão ser realizados com agregados de dimensões e teores similares, para que esta influência na transmissão do calor seja controlada.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA R.D.; SOUZA R.V.G.; MAIRINK A. J. M.; RIZZI M. T. G.; SILVA R. M. Thermal Comfort for users according to the Brazilian Housing Buildings Performance Standards. *Energy Procedia*, 78, p. 2923 – 2928, 2015.
- [2] ABNT NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações, parte 3. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.
- [3] ABNT NBR 15.575: Edifícios habitacionais – Desempenho. ABNT, Rio de Janeiro, 2013.

- [4] BRAGER G.; DEAR R. Thermal adaptation in the built environment: a literature overview, *Energy Build*, 27, p.83-90, 1998.
- [5] CONFORT G. B. Climate Analysis and Building Design Guidelines, *Energy and Buildings*, 18, p.11-23, 1992.
- [6] SAYADI A.A.; TAPIA J.V.; NEITZERT T.R.; CLIFTON G. C. Effects of expanded polystyrene (EPS) particles on fire resistance, thermal conductivity and compressive strength of foamed concrete, *Construction and Building Materials*, 112, p. 716–724, 2016.
- [7] SCHACKOW A.; C. Effting, M.V. Folgueras, S. Güths, G.A. Mendes, Mechanical and thermal properties of lightweight concretes with vermiculite and EPS using air-entraining agent, *Construction and Building Materials*, 57, p. 190–197, 2014.
- [8] OLIVEIRA R.D.; SOUZA R.V.G.; MAIRINK A. J. M.; RIZZI M. T. G.; SILVA R. M.; Concrete walls thermal performance analysis by Brazilian Standards, *Energy Procedia*, 78, p. 213 – 218, 2015.
- [9] CHANDRA S.; BERNTSSO L.; *Lightweight Aggregate Concrete*, Noyes Publications/William Andrew Publishing, p. 367, 2002.
- [10] SENGUL O.; AZIZI S.; KARAOSMANOGLU F.; TASDEMIR M.A. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete, *Energy and Buildings*, 43, p. 671–676, 2011.
- [11] DEMIRBOĞA R.; GÜL R. The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete, *Cement and Concrete Research*, 33, p. 723–727, 2003.
- [12] GANDAGE A.S.; RAO V.R.V.; SIVAKUMAR M.V.N.; VASAN A.; VENU M.; YASWANTH A. Effect of Perlite on Thermal Conductivity of Self Compacting Concrete, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, pp. 188-197, 2013.
- [13] SALES R.B.C.; PEDRA S.A.; AGUILAR M. T. P.; SALES F.A.; CETLIN P. R. The Use of Infrared Thermography in the Analysis of Engineered Cementitious Composites, *Advanced Materials Research (Online)*, v. 919-921, pp. 1868-1875, 2014.
- [14] PEDRA S.A.; SALES R.B.C.; LANA S.L.B. Termografia Infravermelha aplicada à análise térmica de alvenaria estrutural, *Proceedings of the IV Simpósio de Pesquisa e Pós-Graduação da UNESP*, Bauru, 2013.

[15] BARBOSA P.G. Avaliação da difusividade térmica de blocos cerâmicos e de concreto utilizando termografia infravermelha: uma contribuição para o design do conforto, Dissertação - Curso de Design, Ppgd, Uemg, Belo Horizonte, 2014.

ANALYSIS OF THE THERMAL PERFORMANCE OF CERAMIC STRUCTURAL BLOCKS FILLED WITH LIGHT MATERIALS USING THERMOGRAPHY

ABSTRACT

The materials applied in construction are important in providing safety and comfort to people. The better the thermal properties of the materials, the less energy is necessary to warm up or cool down a building. The Brazilian standard NBR 15.575:2013 Performance of Residential Buildings has standardized thermal performance that constructions must obey. The ceramic block studied in this work already follows this minimum standard, but its performance can be improved by using thermal insulating materials inside the block's vertical holes. Therefore, four samples were produced with the following light materials inside those holes: expanded clay, vermiculite, expanded polystyrene - EPS and expanded perlite. These modified blocks were analyzed with an infrared thermograph camera and compared with the standard empty ceramic block. It was concluded that the filling of the holes of the standard block with any of the referenced light materials yielded a significant improvement in thermal performance, and the best results were obtained with the addition of expanded perlite and vermiculite.

Key-words: ceramic block, light materials, thermal insulation, thermography.