

# AVALIAÇÃO TÉRMICA DE COMPONENTES DE ALVENARIAS POR MEIO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

*Gabriel Carvalho da Silva (gabrielcarvalho0197@gmail.com); Pedro Igor Bezerra Batista (pibb\_pec@poli.br); Yêda Vieira Póvoas (yeda.povoas@gmail.com)*

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Pós-graduação em Engenharia Civil (POLI - UPE - PEC); Departamento de Engenharia Civil (POLI - UPE - DEC) - Brazil

**Palavras chave:** termografia infravermelha, alvenaria, termômetro digital, desempenho térmico

*Este trabalho teve por objetivo a avaliação de desempenho térmico de alvenarias por meio da termografia infravermelha. Para isso foi realizada análise térmica em três tipos diferentes de alvenaria: de tijolo cerâmico, de bloco de concreto e de gesso que foram posicionados dentro de uma câmara térmica composta por uma caixa de madeira com revestimento interno de isopor e papel alumínio, onde em seu centro interno foi alocada uma lâmpada infravermelha de 250 W. O lado frio (lado oposto a fonte de luz) foi analisada por meio de um termopar e pela câmera termográfica para verificar a passagem de calor. Os blocos apresentaram diferentes resultados, sendo comprovado um melhor desempenho térmico para os blocos de gesso.*

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência dos processos construtivos e das edificações é um aspecto de extrema relevância na construção civil que vem sendo analisada de forma cada vez mais profunda e criteriosa. Em relação ao comportamento térmico, é fundamental que as edificações sejam projetadas de maneira eficaz, visando o conforto térmico a eficiência energética. Uma das formas de examinar a performance térmica de um edifício se dá por meio da avaliação do conjunto de componentes construtivos da sua envoltória ou de ambientes específicos através de estudos relacionados aos processos de transmissão de calor.

Neste contexto, segundo Santos (2015), conhecer o comportamento térmico dos fechamentos das edificações permite aos projetistas estabelecerem estratégias para que as construções possam responder de maneira eficiente às variações climáticas, fornecendo as condições técnicas necessárias para o atendimento de critérios mínimos de desempenho, oferecendo conforto ao usuário, minimizando o uso de equipamentos de refrigeração e o consumo de energia. Uma técnica inovadora para esse tipo de análise é o uso de imagens térmicas geradas a partir da detecção da radiação infravermelha. Para isto, utilizam-se câmeras especiais que permitem mapear os gradientes de temperatura na superfície dos objetos analisados.

Segundo FLIR (2011), para interpretar as imagens térmicas corretamente, o operador precisa saber a influência de diferentes materiais e circunstâncias nas leituras. Dentre os parâmetros a serem adotados para utilização da câmera termográfica, destaca-se a emissividade que é a eficiência com a qual o material emite radiação infravermelha (calor) e depende das propriedades dos materiais da superfície. E também a temperatura refletida a qual é um parâmetro utilizado para compensar a radiação refletida no objeto e a radiação emitida pela atmosfera entre a câmera e o objeto.

Carvalho et al. (2016) em seu trabalho para avaliação do desempenho térmico de amostras de parede realizou um ensaio de termografia infravermelha, que consistiu a submeter uma das faces de cada bloco a uma das fontes de calor. Com ensaio de aproximadamente 69 minutos de duração é possível analisar a dissipação de calor e a diferença de temperatura entre as faces quente e fria.

Outra maneira de verificar a temperatura em simulações é através de termopares de contato. Silva, Cahino e Melo (2012) utilizaram termopares de contato no centro das superfícies em seu estudo sobre análise térmica de blocos de concreto com resíduos, foi possível realizar uma comparação, observando-se a variação da temperatura na face não aquecida durante o tempo.

Além de estudos experimentais, pode-se ainda, calcular os parâmetros térmicos de componentes e sistemas por meio da NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) que estabelece a metodologia de cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações, como a resistência térmica, transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico.

Com base nisto, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa do comportamento térmico de três mini paredes através da termografia infravermelha e termopares de contato em ensaio em câmara térmica.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização do ensaio foi utilizada uma câmara térmica, confeccionada pelo autor, de dimensões 42 x 42 cm, composta por uma caixa de madeira com revestimento interno de isopor e papel alumínio, onde em seu centro interno foi alocada uma lâmpada infravermelha de 250 W conectada a um dispositivo tipo dimmer para controle da temperatura (Figura 1).



Figura 1: Câmara térmica.

Os protótipos foram confeccionados no Laboratório Avançado de Construção Civil (LAAC) da Universidade de Pernambuco. Os materiais foram obtidos de fabricantes e fornecedores locais e preparados pelos autores.

Foram confeccionados 3 tipos de blocos, uma mini parede de tijolo cerâmico, um bloco de concreto e outro de gesso. O primeiro deles contou com tijolos convencionais de 8 furos com dimensões de 9 x 19 x 19 cm e assentados com argamassa industrializada com junta de 10 mm, aproximadamente. O bloco de concreto com dimensões 11,5 x 19 x 39 e assentado com argamassa industrializada com junta de 10 mm, aproximadamente. E por último o de gesso vazado, com dimensões 10 x 42 x 42 cm (Figura 2).



Figura 2: Blocos.

Para registro das temperaturas durante o aquecimento foram utilizados termopares de contato fixados no centro das minis paredes (posição do foco da fonte aquecedora) em ambos os lados e conectados a um termômetro com data logger integrado com precisão de 2°C, programado para coletar as temperaturas de ambos os lados a cada 1 minuto (Figura 3).



Figura 3: Termômetro Digital e Termopar de contato.

Durante o ensaio, foram ainda feitos termogramas da face oposta à fonte de calor a cada 30 minutos mediante uma câmera infravermelha. A câmera termográfica utilizada nessa pesquisa foi a FLIR E60 fabricada pela empresa FLIR Systems (Figura 4). Suas principais características técnicas estão apresentadas na Tabela 1.



Figura 4: Câmera termográfica modelo FLIR E60.

Tabela 1: Características básicas da câmera.

Função	Descrição
Resolução IR	320 x 240 pixels
Resolução MSX	320 x 240 pixels
Sensibilidade Térmica	< 0.05 °C
Precisão	±2°C ou ±2% de leitura
Faixa de temperatura	- 20 °C a 650 °C
Câmera de vídeo	3.1 MP

A emissividade adotada para a superfície do tijolo cerâmico e dos blocos de concreto e de gesso, foram, respectivamente, 0,94, 0,92 e 0,90 indicadas na Tabela B.2 da NBR 15220 (ABNT, 2003) e a temperatura refletida é considerada a mesma do ambiente, nesse caso a temperatura de 25°C para todos os blocos, baseado em Marinolski et al. (2010), que afirma que a temperatura refletida tem pouca influência em objetos de alta emissividade e posicionados em curtas distâncias em relação a câmera, ambos casos desta pesquisa.

### 3. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta os termogramas do tijolo cerâmico com seus respectivos horários e a temperatura nos centros. Em seguida, a Tabela 2, com informações dos termogramas. Durante os primeiros 30 minutos há uma pequena variação da temperatura no centro da mini parede, porém é possível notar uma passagem de calor mais significativa na hora seguinte. No decorrer do tempo do ensaio a temperatura variou 4,6 °C.

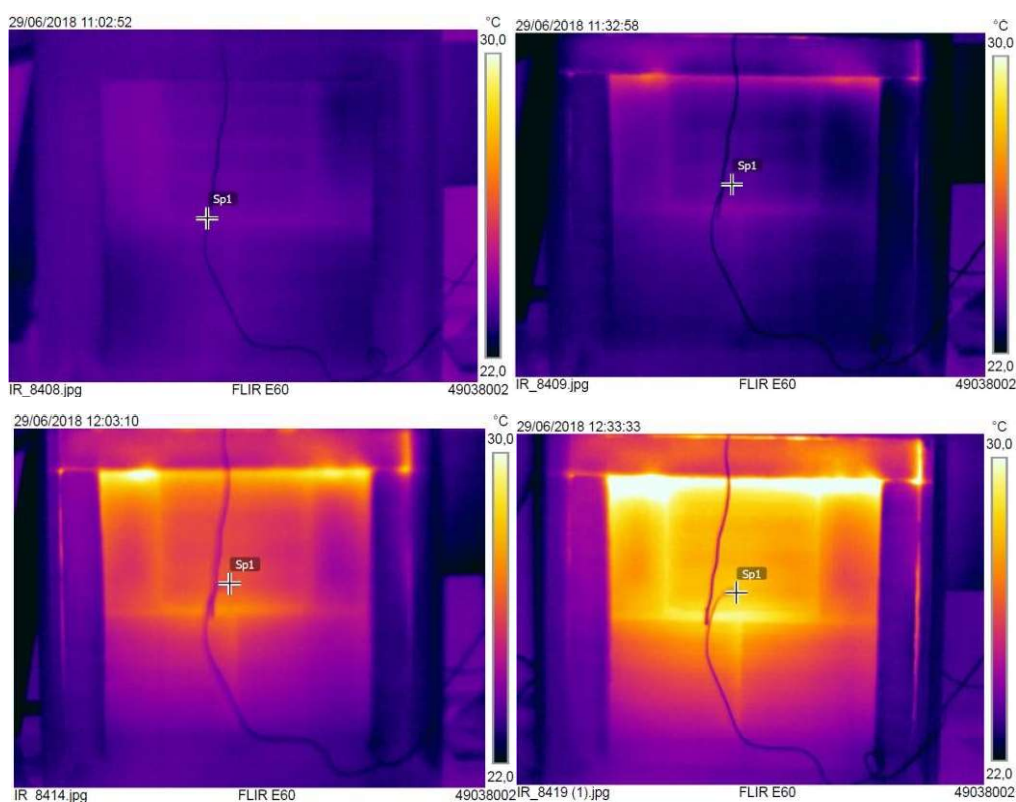


Figura 5: Termogramas da mini parede de tijolo cerâmico.

Tabela 2: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do tijolo cerâmico.

Tempo	Temperatura no centro
CE 90- 00:00	Sp1: 23,3 °C
CE 90- 00:30	Sp1: 23,7 °C
CE 90- 01:00	Sp1: 25,7 °C
CE 90- 01:30	Sp1: 27,9 °C

Posteriormente na Figura 6, seguida da Tabela 3, apresentam-se os termogramas do bloco de concreto com seus respectivos horários. Nos primeiros 30 minutos de ensaio o bloco de concreto apresenta resistência a passagem de calor, logo não variando a temperatura da superfície em contato com o ambiente. Nos 30 minutos seguintes ocorre uma variação de quase 1 °C. Entretanto é nos últimos 30 minutos de ensaio que a passagem de calor é mais acentuada tendo variação de 1,9 °C. Ocorrendo uma variação total de 2,8 °C.

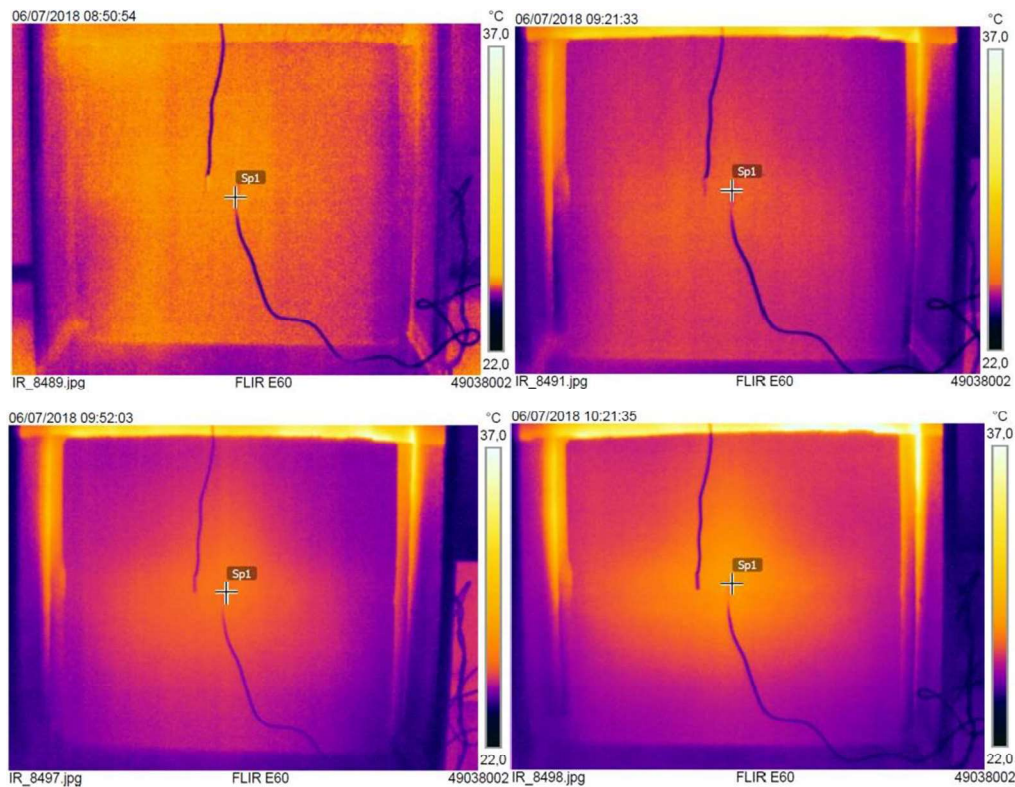


Figura 6: Termogramas do bloco de concreto.

Tabela 3: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do bloco de concreto.

Tempo	Temperatura no centro
CO 115- 00:00	Sp1: 25,3 °C
CO 115- 00:30	Sp1: 25,3 °C
CO 115- 01:00	Sp1: 26,2 °C
CO 115- 01:30	Sp1: 28,1 °C

Por último na figura 7, seguida da tabela 4, apresentam-se os termogramas do bloco de gesso com seus respectivos horários. O bloco de gesso possui resistência nos primeiros 30 minutos de ensaio, e é aos 45 minutos que pode-se perceber uma pequena variação na sua temperatura. A variação total é de 2,4 °C.

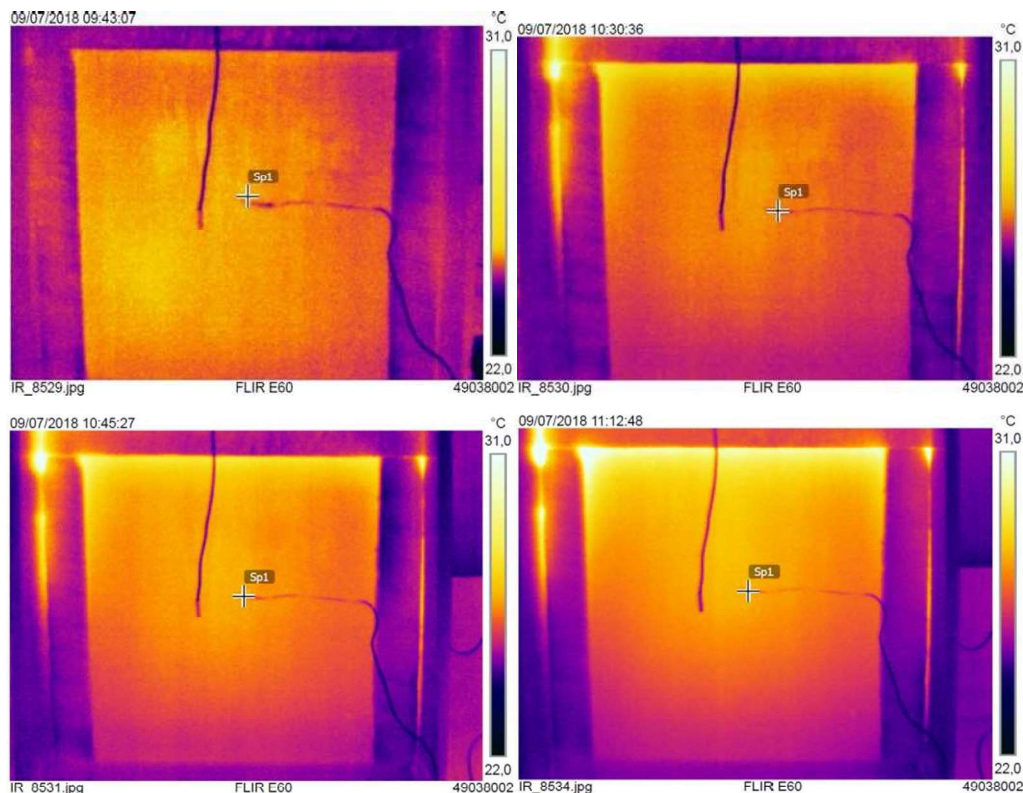


Figura 7: Termogramas do bloco de gesso.

Tabela 4: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do bloco de gesso.

Tempo	Temperatura no centro
GS 100- 00:00	Sp1: 25,0 °C
GS 100- 00:45	Sp1: 25,8 °C
GS 100- 01:00	Sp1: 26,4 °C
GS 100- 01:30	Sp1: 27,4 °C

Comparando com os valores catalogados pelo termômetro digital, todos os valores dos termogramas e termopares possuem temperatura aproximada, demonstrando a eficácia da termografia infravermelha para catalogar gradientes de temperatura. A figura 8 mostra que o tijolo cerâmico possui a variação mais linear entre todos os blocos, e também é o bloco onde ocorre maior passagem de calor.

Tanto o bloco de concreto quanto o de gesso possuem resistência a passagem de calor nos primeiros 30 minutos, e logo após esse momento é que começam de fato a variar a temperatura da superfície. A diferença se dá em questão do bloco de concreto variar mais rápido do que o de gesso após o primeiro intervalo de tempo (Figuras 9 e 10).

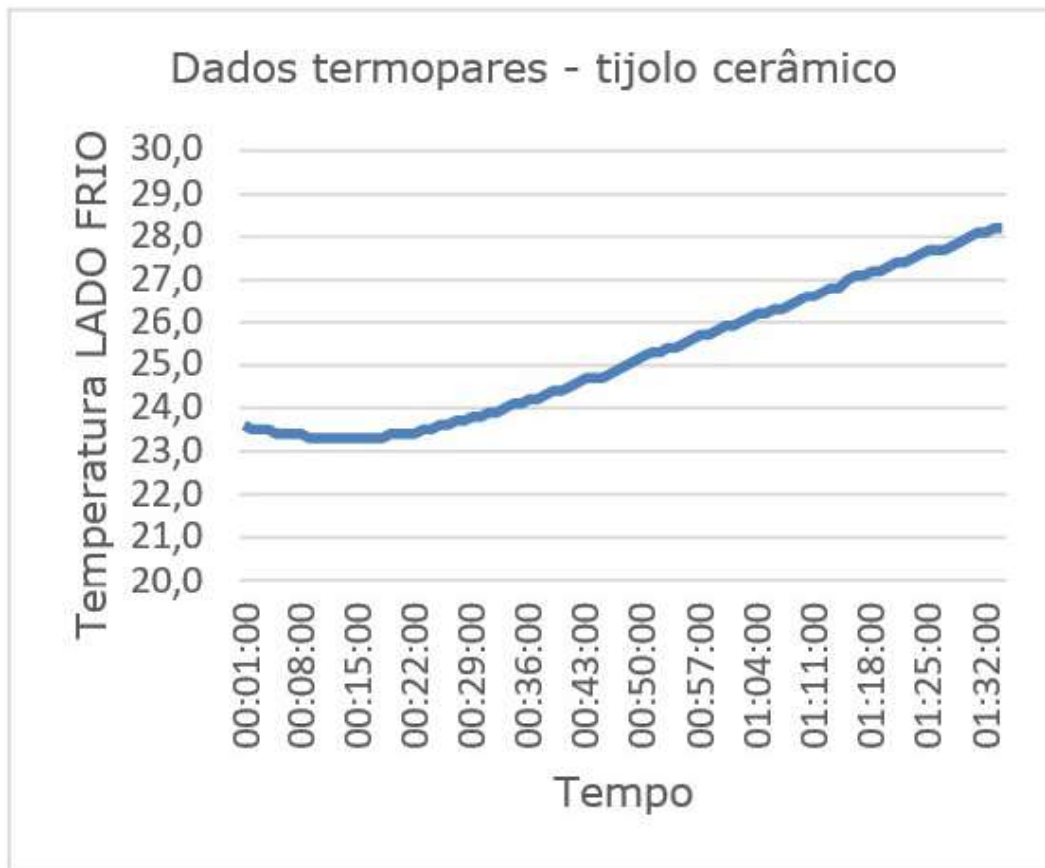


Figura 8: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície da mini de tijolo cerâmico catalogados pelos termopares.

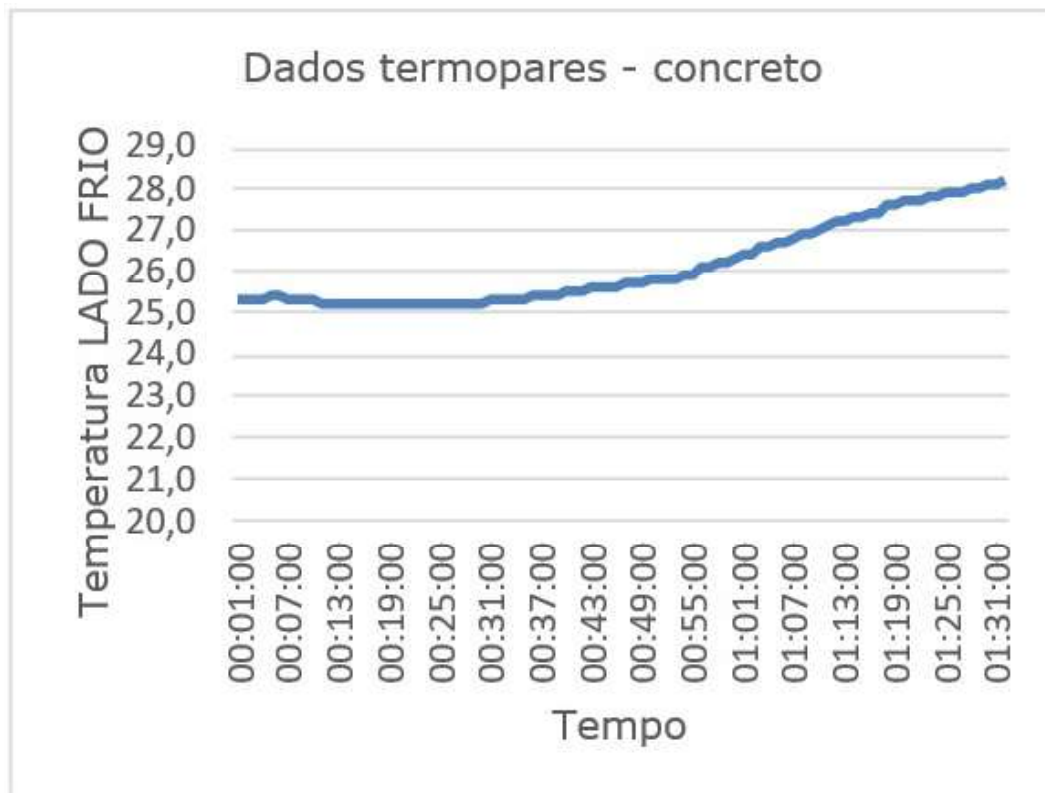


Figura 9: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície do bloco de concreto catalogados pelos termopares.

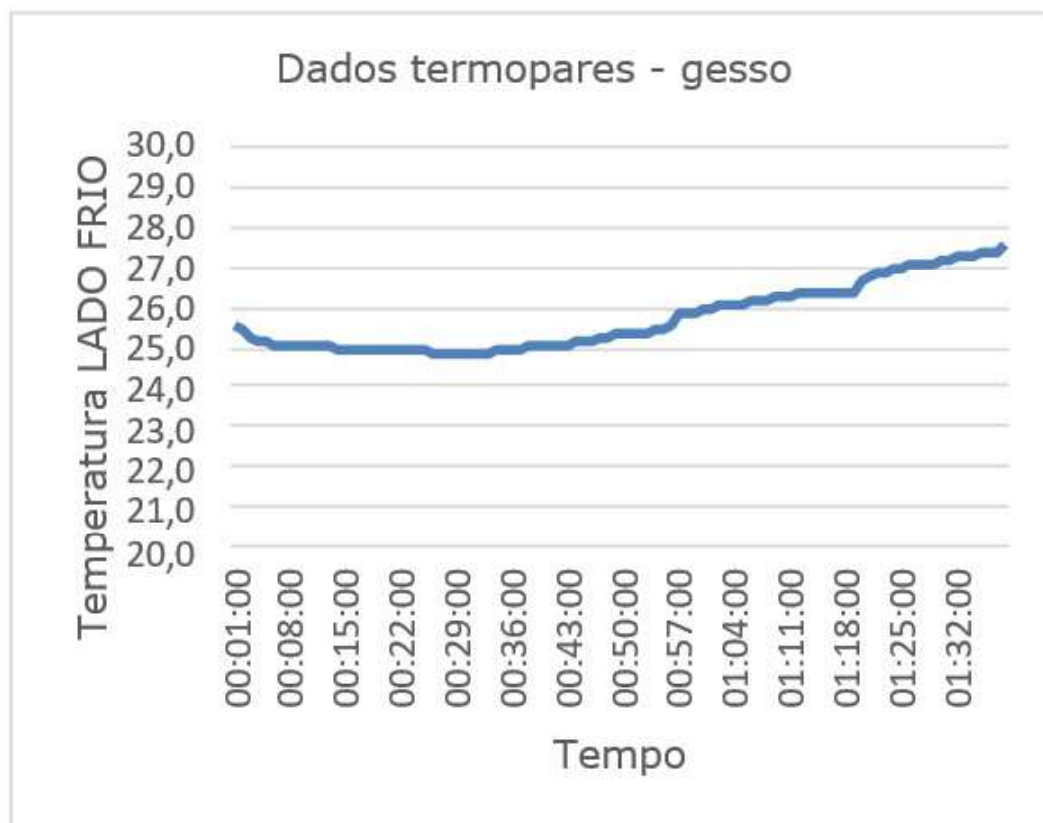


Figura 10: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície do bloco de gesso catalogados pelos termopares.

#### 4. CONCLUSÃO

Como apresentado neste trabalho, as imagens em infravermelho são meios efetivos para uma análise térmica de materiais de construção.

Em todos os aspectos a passagem de calor no tijolo cerâmico é maior, ou seja, o bloco apresenta uma menor resistência térmica. Por isso não sendo considerado não eficaz para se usar em ambientes quentes.

O bloco de concreto, mesmo apresentando uma certa resistência a transferência de calor entre as superfícies nos primeiros 30 minutos, como o de gesso, ainda não é tão indicado quanto este último. Pois nos últimos intervalos de tempo vê-se uma transferência de calor mais acelerada, corroborando que só apresenta boa resistência no início do ensaio.

Tanto pelos termogramas quanto pelos termopares o bloco de gesso apresentou uma melhor resistência térmica entre todos os blocos. É também de fácil percepção que ele apresenta melhor resistência tanto na variação total quanto em todos os intervalos de tempos entre as fotos dos termogramas. Por isso, pode ser considerado um excelente material quando se quer evitar que a temperatura de uma área afete uma construção, tal e qual em locais de climas quentes como por exemplo a zona bioclimática 8 do Brasil.

Com foco no Brasil, o gesso é uma riqueza natural da região nordeste, e atualmente, a localidade de maior produção de gesso é em Pernambuco. A região nordeste é uma região de clima quente, porém possui um material que como apresentado neste trabalho se demonstrou um excelente isolante térmico. Unindo o útil ao agradável utilizar mais o gesso em processos construtivos é um avanço considerável para engenharia civil no quesito desempenho térmico.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 15.220: *Desempenho térmico de edificações, parte 3*. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.
- CARVALHO, M.; LANDELL, R.; GHILARDI, G.F.; AMICO, S.C. *Análise do desempenho térmico de blocos estruturais cerâmicos preenchidos com materiais leves utilizando termografia*. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Anais...* Natal: 2016
- FLYR SYSTEMS, *Thermal Imaging guidebook for building and renewable energy applications*. 2011. MARINOSKI, D. L.; SOUZA, G. T.; SANGOI, J M.; LAMBERTS R. *Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos*. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais...* Canela: 2010.
- SANTOS, J. C. P; KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A., RIZATTI, E. *Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira*. *Revista Matéria*, v.20, n.4, 2015.
- SILVA, E. P.; CAHINO, J. E. M; DE MELO, A. B. *Avaliação do Desempenho Térmico de Blocos EVA*. In: *ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, .14, Juiz de Fora, 2012. *Anais...* Juiz de Fora: ANTAC, 2012.