



## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL EM SÃO LUÍS - MA, ATRAVÉS DE MEDIÇÃO *IN LOCO***

**Vinícius Gomes de Almeida (1); Kelen Almeida Dornelles (2)**

(1) Arquiteto e Urbanista, Mestrando em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – IAU/USP, vgalmeida@usp.br

(2) Pós-Doutora, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – IAU/USP, kelend@usp.br, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-Carlense, nº 400, Arnold Schmidt, São Carlos – SP. Tel.: (16) 3373-9285

### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho térmico de uma edificação habitacional multipavimentos localizada em São Luís, Maranhão, através de medições *in loco* no período do verão, para verificar o comportamento térmico do envelope construtivo da habitação, constituído por alvenaria estrutural em bloco cerâmico e cobertura em telhas cerâmicas sobre laje maciça de concreto. Foram utilizados os procedimentos descritos na NBR 15.575-1, referentes à avaliação do desempenho térmico de edificações por meio de medição, neste caso sendo realizadas medições *in loco* em duas unidades habitacionais de uma edificação construída em sua escala real. Complementarmente, foi realizada em laboratório a medição da absorvância solar dos revestimentos de fachada da edificação, a fim de complementar a análise de desempenho térmico em condições reais de exposição às condições climáticas locais. Após as medições, foi possível verificar a eficiência que o envelope construtivo possui em manter a baixa variação de temperatura interna, em comparação com a temperatura externa, e que os valores de absorvância das tintas utilizadas nas fachadas estão adequados para os valores de transmitância térmica da alvenaria externa. Através deste estudo foi possível averiguar o desempenho adequado da edificação construída com esse sistema construtivo aos requisitos e critérios de desempenho térmico apresentados na NBR 15.575, demonstrando que o sistema em paredes de blocos cerâmicos avaliado apresenta-se como alternativa adequada para as condições climáticas de verão em São Luís, Maranhão.

Palavras-chave: desempenho térmico, medição *in loco*, alvenaria de bloco cerâmico.

### **ABSTRACT**

This work aims to analysis the thermal performance of a housing building located in the city of São Luis, Maranhão, using *in situ* measurements during the summer station, in order to verify the thermal behavior of the building envelope with ceramic brick walls and roof in ceramic tiles with concrete slab. Measurements were performed according to procedures described in NBR 15.575-1, referring to the evaluation of thermal performance of buildings by measurements. In this case, *in situ* measurements were performed for two housing units for a building constructed in real scale. Complementary, spectral reflectance measurements were performed in laboratory in order to obtain the solar absorptance of coatings from the building façade. These data allowed providing additional information for the thermal performance analysis at real local climatic conditions. The measurements allowed verifying the building envelope efficiency to maintain the low variation of indoor temperature, instead of the outdoor temperature. The façade solar absorptance data were appropriate for the envelope thermal transmittance. Through this study it was possible to verify the appropriate building performance with this constructive system for the criteria and requirements of thermal performance presented by NBR 15.575, indicating that ceramic brick walls system are a possible solution for the summer climatic conditions in São Luís, Maranhão.

Keywords: Thermal performance, *in situ* measurement, ceramic brick walls.

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento da NBR 15575:2013 (ABNT, 2013) reforçou as discussões acerca do desempenho das edificações, pois o edifício é um produto que deve apresentar determinadas características que o permita cumprir objetivos e funções para os quais foi projetado, como o atendimento a requisitos térmicos, acústicos, estruturais, de acessibilidade, entre outros. O desempenho térmico pode ser entendido como um dos requisitos indispensáveis para o conforto e bem-estar dos usuários, podendo ser verificado através de medições em campo.

O conforto ambiental, que compreende em condições ambientais favoráveis ao bem-estar térmico, visual, acústico, antropométrico, a qualidade do ar e conforto olfativo dos usuários (LAMBERTS et al., 2014), é um requisito de projeto indispensável no desenvolvimento de edificações. O profissional de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) deve ter conhecimento das informações climáticas do ambiente onde será inserida a edificação, de forma a definir as melhores estratégias de conforto que atendam aos usuários, “A Arquitetura, como uma das suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem às condições climáticas existentes” (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 15).

O desempenho térmico é um dos principais requisitos de desempenho das edificações habitacionais, podendo ser compreendido como o comportamento dos materiais e sistemas construtivos quanto ao conforto térmico dos usuários, sendo o resultado da relação harmônica das características bioclimáticas do local onde está inserida a edificação, e de suas soluções construtivas, “O meio mais eficaz do projetista poder controlar a quantidade de calor que chega até o interior de uma edificação é considerar cuidadosamente o modo como o envelope construtivo tanto absorve quanto reflete a radiação solar” (DORNELLES, 2008, p.42).

A NBR 15.575, estabelece critérios de desempenho térmico para sistemas de vedações e coberturas, tendo como base valores de transmitância térmica (U), absorvância ( $\alpha$ ) e capacidade térmica (CT) dos materiais e sistemas construtivos, levando-se em conta a zona climática onde a edificação será inserida. São descritas três formas de se avaliar o desempenho térmico, a primeira através de um método simplificado de cálculo, a segunda por simulação térmica em softwares específicos, e a última por medição em campo de um protótipo ou da edificação construída.

Dentre as metodologias de medição apresentadas pela norma, a medição *in loco* se caracteriza como o único método de medição na edificação real, por ser realizado na construção implantada em seu ponto de utilização, possibilitando análises de pós-entrega da edificação, e servindo de referência para a aplicação do envelope construtivo em outros empreendimentos a serem inseridos em condições climáticas semelhantes. Neste contexto, são apresentados e discutidos neste artigo os resultados de uma avaliação de desempenho térmico, a partir de medições *in loco*, de edificações construídas em alvenaria estrutural cerâmica, localizadas na cidade de São Luís-MA (zona bioclimática 8).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho térmico de uma edificação habitacional localizada na cidade de São Luis – MA, por meio de medições *in loco* no período do verão, para verificar o comportamento térmico do seu envelope construtivo.

## 3. MÉTODO

Para a realização deste estudo, foram utilizados os procedimentos descritos na NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), referentes à Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações por meio de medição, neste caso sendo realizada uma medição *in loco* de duas unidades habitacionais de uma edificação construída em sua escala real (1:1), no período do verão. Complementarmente, também foi realizada em laboratório a medição da absorvância solar dos revestimentos de fachada da edificação, a fim de complementar a análise de desempenho térmico em condições reais de exposição às condições climáticas locais.

### 3.1. Características da Edificação

A edificação objeto deste trabalho compreende um condomínio residencial (Figura 1), implantado na cidade de São Luis, Maranhão, e composto por 07 blocos residenciais, com 04 pavimentos cada e 32 unidades habitacionais em cada bloco, totalizando 224 unidades. As unidades habitacionais possuem uma tipologia única, possuindo 02 quartos, sala de estar/jantar, banheiro e cozinha/área de serviço, totalizando 45,30m<sup>2</sup> de área construída (Figura 2).



Figura 1 – Blocos do Condomínio Residencial



Figura 2 – Unidade habitacional

### 3.1.1 Características do Sistema Construtivo

A Edificação é composta por alvenaria de bloco estrutural cerâmico, composta pelas seguintes camadas de revestimento:

- Chapisco, reboco e textura acrílica lisa, cor marfim com detalhes na cor camurça, nas faces externas;
- Chapisco, reboco e pintura PVA Látex nas faces internas das áreas secas (nas unidades do térreo);
- Chapisco, argamassa de gesso e pintura PVA Látex nas faces internas das áreas secas (nas unidades do 1º ao último pavimento);
- Chapisco, emboço e revestimento cerâmico na face interna das áreas molhadas (cozinha e banheiro);

As vedações verticais possuem uma espessura total aproximada de 18 cm, e as vedações horizontais das áreas secas são compostas de laje maciça de concreto armado, emassada e pintada, totalizando a espessura de 10 cm, e forro com placas de gesso nas áreas molhadas, inseridas a 20 cm abaixo da laje e com uma espessura aproximada de 3 cm.

A cobertura compreende sistema de telhas cerâmicas, tipo colonial, estruturadas em peças de madeira de lei, apoiadas sobre a laje de cobertura do último pavimento. Os pisos são em placas cerâmicas, nas dimensões de 30 cm x 30 cm, na cor branca. As esquadrias são de alumínio natural, com vidro liso de 3 mm nas áreas secas, e com vidro canalado de 4 mm nas áreas molhadas. As portas internas das unidades habitacionais são de madeira semi-oca, pintadas com verniz fosco, e a porta externa de acesso ao bloco é constituída de alumínio natural, e vidro liso 3 mm.

### 3.2 Coleta de dados em campo

Para realização das medições *in loco* foram observados os seguintes parâmetros da NBR 15575-1, referentes aos procedimentos que devem ser adotados para correta realização das medições:

- Devem ser feitas em edificações em escala real (1:1);
- Medir a temperatura de bulbo seco do ar no centro dos recintos: dormitório e sala, a uma altura de 1,20 m do piso;
- Em caso de edifícios multipiso, e para medições realizadas no verão, escolher uma ou mais unidades localizadas no último andar, com a janela do dormitório ou sala voltada para o Oeste e outra parede exposta voltada para o Norte;
- Realizar as medições internas sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral);
- Realizar a medição da temperatura do ar externa à sombra;
- Trabalhar com uma sequência mínima de medição de três dias e analisar os dados do terceiro dia;

Foram escolhidas as unidades 305, do Bloco III, e 308, do Bloco VII, conforme Figura 3 e Figura 4, ambas localizadas no último pavimento dos blocos habitacionais, e por conta da maior proximidade com os requisitos de medição expostos na NBR 15.575 (ABNT, 2013).



Figura 3 – Apto 305 do Bloco III



Figura 4 – Apto 308 do Bloco VII

Os equipamentos utilizados para a medição foram medidores de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade do ar (%), modelo Testo 175H (Figura 5), que possuem sensores de temperatura do tipo *Negative Temperature Coefficient* (NTC), com capacidade de medição de temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $55^{\circ}\text{C}$ , com faixa de erro de até  $0,40^{\circ}\text{C}$  (temperatura) e 2% (umidade do ar), para mais ou para menos (TESTO, 2017). Foram utilizados 05 equipamentos, configurados no intervalo de medição de 30 minutos, distribuídos entre os quartos 01 e salas de estar/jantar das unidades habitacionais (Figura 6), com um dos medidores posicionado abaixo do beiral da porta de entrada do bloco III (Figura 7 e Figura 8), para medição externa.



Figura 5 – Medidor Testo 175H1

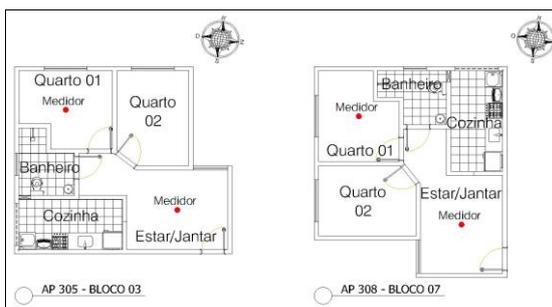


Figura 6 – Posicionamento dos medidores nas unidades habitacionais



Figura 7 – Beiral na entrada do Bloco III



Figura 8 – Posicionamento do medidor externo

Os medidores foram instalados às 09h da manhã no dia 06 de março de 2017, e recolhidos às 10h da manhã no dia 10 de março de 2017, compreendendo um período de medição ininterrupto de 04 dias, para coleta da temperatura e da umidade do ar. Os medidores internos foram posicionados no ponto médio dos ambientes a uma altura de 1,20 m do piso (Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12).



Figura 9 – Medidor interno na sala de estar/jantar do apto 305



Figura 10 – Medidor interno do quarto 01 do apto 305



Figura 11 – Medidor interno no quarto 01 do apto 308

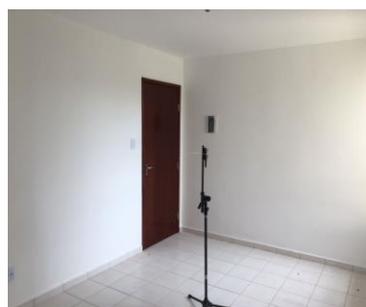


Figura 12 – Medidor interno na sala de estar/jantar do apto 308

Além do registro das temperaturas e umidade do ar das unidades habitacionais, foram coletadas amostras das tintas utilizadas no revestimento externo do envelope construtivo (Figura 13 e Figura 14), para a identificação do índice de absorvância solar ( $\alpha$ ) do material através de medição em um espectrofotômetro.

As medições foram realizadas segundo padrões estabelecidos pela norma ASTM E903-12 (ASTM, 2012), para comprimentos de onda entre 300 e 2500 nm. Os valores de absorvância espectral obtidos a partir das medições em espectrofotômetro foram ajustados ao espectro solar padrão definido pela ASTM G173-12 (ASTM, 2012), segundo método apresentado por Dornelles (2008). A absorvância solar de cada tinta foi calculada para a região do espectro entre 300 e 2500 nm.

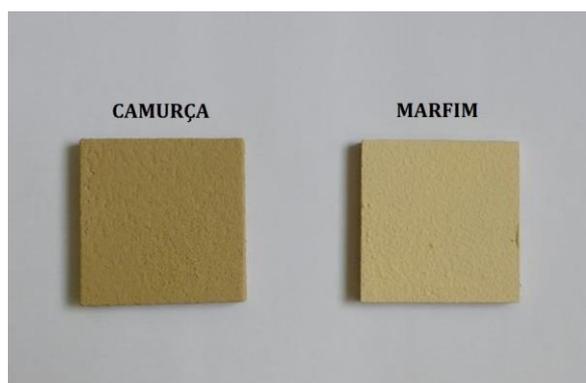


Figura 13 – Amostras das tintas para medição da absorvância solar



Figura 14 – Revestimento externo dos blocos habitacionais

#### 4. RESULTADOS

Durante o período de medição, a edificação em estudo apresentou um comportamento térmico uniforme, com as temperaturas internas variando entre 27°C e 30°C, com exceção do quarto 01 do apartamento 308, que possui a parede exposta a Oeste e com a presença de uma janela de vidro, onde foi registrada a temperatura máxima de 32°C. Este resultado demonstra a eficiência que o sistema construtivo em alvenaria de bloco cerâmico possui em manter a baixa variação de temperatura interna, em comparação com a temperatura externa, onde foi verificada temperaturas do ar mínima de 23°C e máxima de 32°C (Figura 15). A umidade do ar se manteve alta durante a maior parte do tempo, característica típica do clima de São Luís, por sua proximidade com o litoral (Figura 16).

Durante o período de medição, o clima em São Luís apresentou-se parcialmente nublado (Figura 17), com ocorrência de chuvas durante a manhã, e início da tarde. Estas chuvas foram suficientes para baixar a temperatura externa, chegando aos 27°C às 12h do dia 08/03, e 29°C às 12h do dia 09/03.

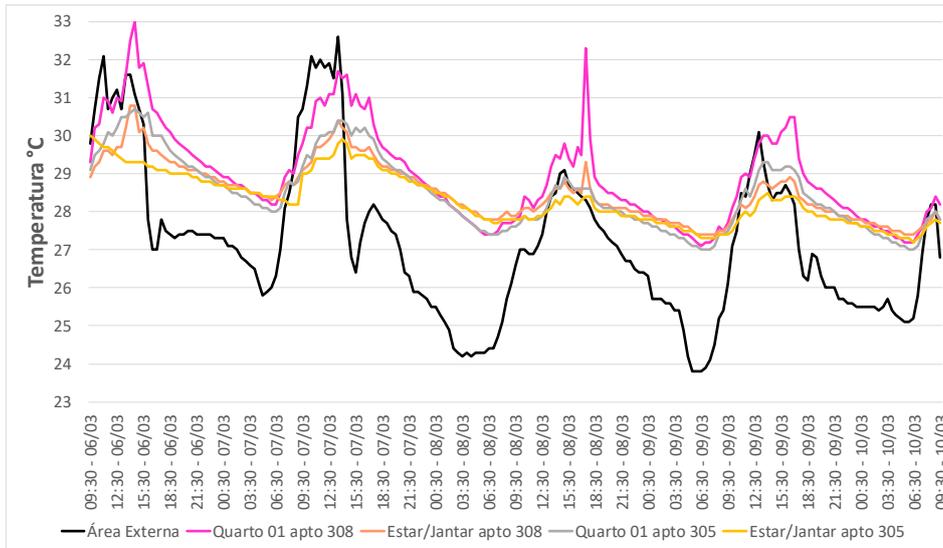


Figura 15 – Gráfico de temperaturas do ar nos ambientes internos e na área externa

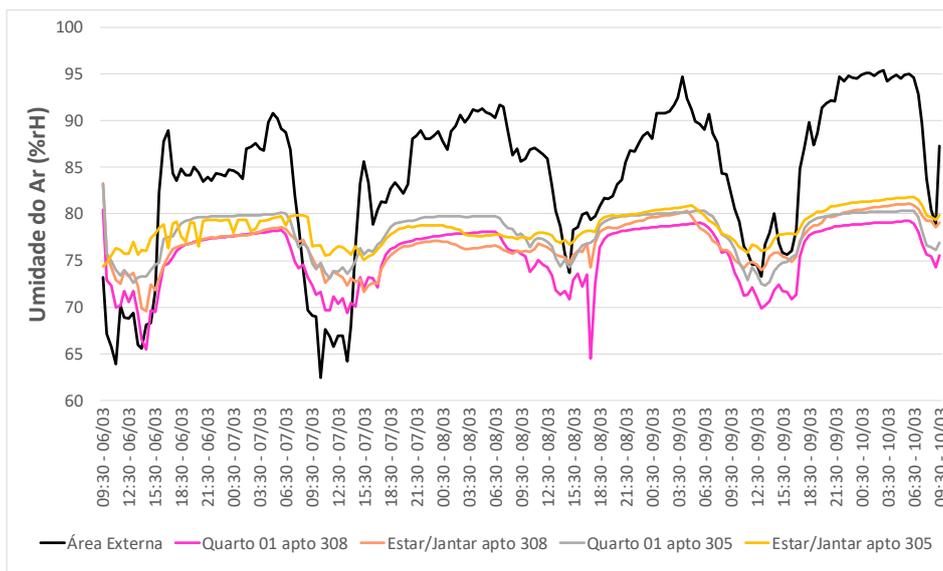


Figura 16 – Gráfico de umidade do ar nos ambientes internos e na área externa



Figura 17 – Condição climática na manhã do dia 08/03/2017

Conforme a NBR 15.575, foi escolhido o 3º dia de medições para a análise dos dados de desempenho térmico da edificação (09/03/2017), conforme apresentado nas figuras 18 e 19.

As maiores temperaturas encontradas neste período de medição foram de 30°C, medido às 16h30 no quarto 01 do apartamento 308 do bloco VII, e de 30°C medido às 13h na área externa, demonstrando uma divergência de 2°C com a temperatura máxima do dia típico de verão para São Luis, citado na NBR 15.575-1 (Tabela 1). As menores temperaturas foram de 24°C às 05h30 na área externa, e de 27°C medido as 05h30 nos quartos dos apartamentos 308 e 305.

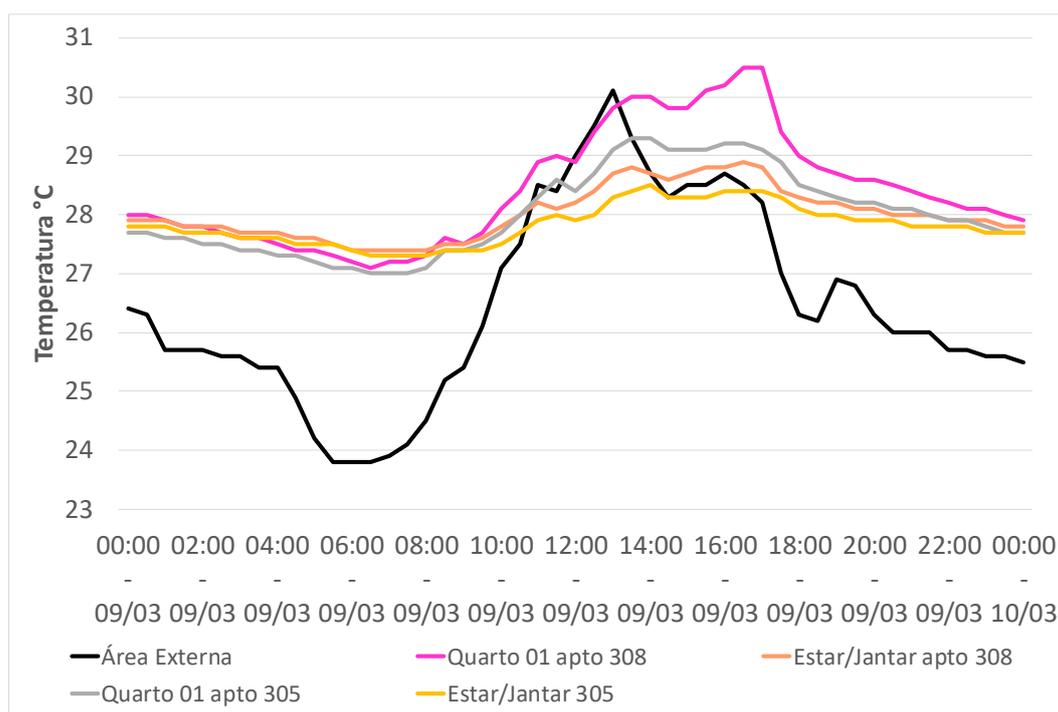


Figura 18 – Gráfico de temperaturas do ar registradas no 3º dia de medições.

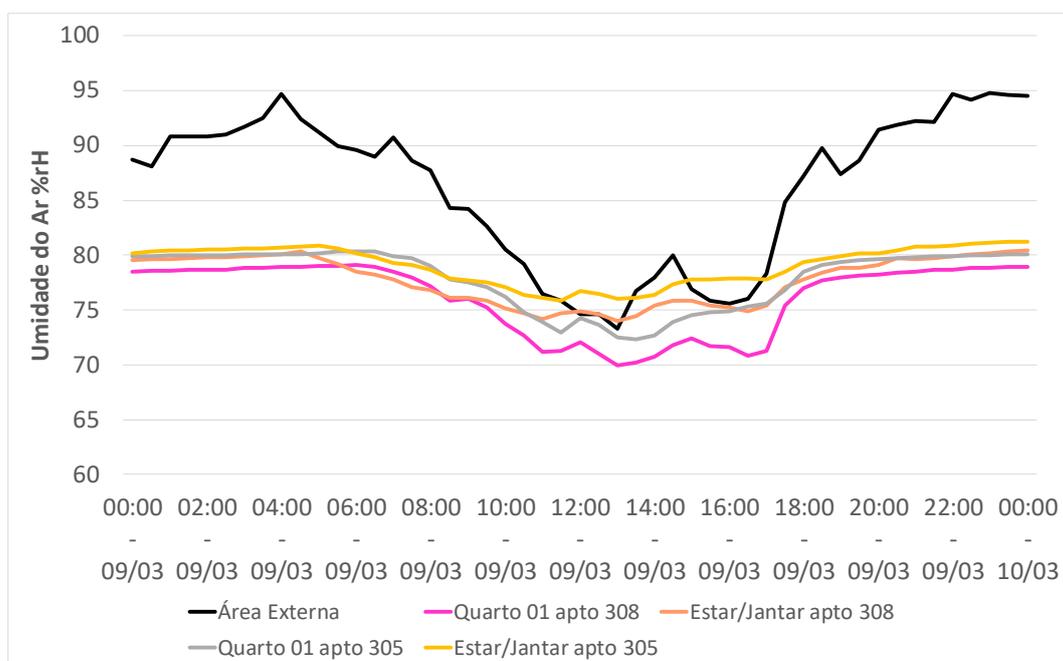


Figura 19 - Gráfico de umidades do ar registradas no 3º dia de medições.

Tabela 1 – Dados climáticos do dia típico de verão para a cidade de São Luís-MA (Adaptado da NBR 15.575-1)

Cidade	Temperatura máxima diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (°C)	Temperatura de bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m <sup>2</sup> )	Nebulosidade (décimos)
São Luis	32,5	7,4	25,9	4.068	5

A umidade do ar se manteve inversamente proporcional à temperatura dos ambientes, com valores máximos na área externa, de 95% durante o período das 22h às 24h do dia 09/03, e o menor valor registrado internamente à edificação, no quarto 01 do apartamento 308, chegando à 70% no período das 13h.

As medições de temperatura do ar apresentaram o atendimento da edificação ao requisito de desempenho térmico no verão apresentado na NBR 15575 (ABNT, 2013), onde as condições térmicas no interior da edificação devem ser melhores ou iguais às condições externas (Tabela 2).

Tabela 2 – Desempenho térmico dos ambientes internos, segundo critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Ambiente	Temperatura máxima interna Ti, max (°C)	Temperatura máxima externa, à sombra Te, max (°C)	Nível de Desempenho
Quarto 01 apto 308	30		Mínimo*
Estar/Jantar apto 308	28		Superior***
Quarto 01 apto 305	29	30	Intermediário**
Estar/Jantar apto 305	28		Superior***

\* Nível de desempenho considerado mínimo quando  $T_{i, \max} = T_{e, \max}$

\*\* Nível de desempenho considerado intermediário quando  $T_{i, \max} = T_{e, \max} - 1^{\circ}\text{C}$

\*\*\* Nível de desempenho considerado superior quando  $T_{i, \max} = T_{e, \max} - 2^{\circ}\text{C}$

Através das medições de refletância espectral das tintas utilizadas como revestimentos externos nas edificações (Figura 20), foi possível calcular suas absorptâncias, sendo que a tinta na cor marfim apresentou refletância solar de 69%, e absorptância solar de 31%, enquanto a cor camurça apresentou refletância solar de 41% e absorptância solar de 59%. A NBR 15.575 estabelece que vedações externas com superfícies que apresentam valores de absorptância menores que 60% (caso de ambas as tintas aqui avaliadas), devem apresentar transmitância térmica (U) igual ou inferior à 3,7 W/m<sup>2</sup>.K, para atendimento do requisito de adequação das paredes externas.

As vedações externas dos ambientes aferidos são compostas de alvenaria de bloco cerâmico revestidos internamente com massa de gesso e externamente com argamassa de cimento e areia, apresentando transmitância térmica igual a 1,85 W/m<sup>2</sup>.K (INMETRO, 2013), em atendimento ao critério mínimo de desempenho (Figura 21).

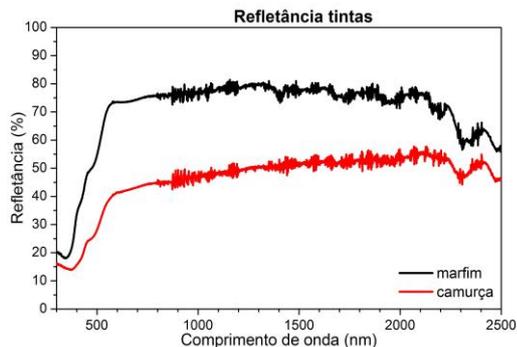


Figura 20 – Refletância espectral das tintas medidas em laboratório

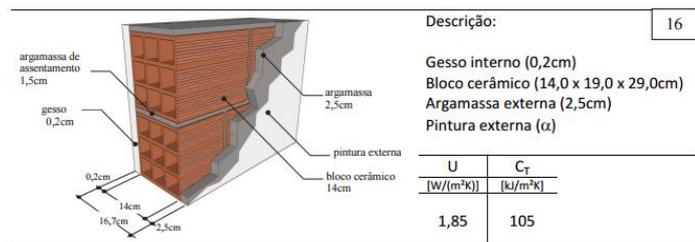


Figura 21 – Propriedades térmicas da parede externa  
Fonte: INMETRO (2013)

## 5. CONCLUSÕES

A alvenaria estrutural de blocos cerâmicos é um sistema construtivo bastante difundido no setor da construção civil na região de São Luís-MA, porém pouco avaliado quanto ao seu desempenho e principais características que promovam a habitabilidade das edificações.

Através do estudo de caso realizado neste trabalho, a partir de medições em campo, foi possível verificar o desempenho adequado da edificação construída com esse sistema construtivo aos requisitos e critérios de desempenho apresentados na NBR 15575, demonstrando que o sistema em paredes de blocos cerâmicos avaliado apresenta-se como alternativa adequada para as condições climáticas de São Luís-MA. Os resultados de avaliação pelo método simplificado da norma de desempenho, considerando-se a transmitância térmica limite de 3,7 W/m<sup>2</sup>.K para absorptâncias menores que 60%, também atenderam aos requisitos da norma para essa cidade, localizada na zona bioclimática 8.

Os dados coletados nesta medição, além de servir para análise do desempenho térmico do envelope construtivo deste tipo de sistema em específico submetido às condições climáticas da cidade de São Luís, serão utilizados também para validar uma simulação computacional a ser realizada com software BIM. Esta validação ocorrerá em etapas futuras de pesquisa de mestrado em desenvolvimento no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, a qual visa avaliar o uso da Tecnologia BIM para a simulação do desempenho térmico das edificações habitacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E903 – 12**: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres. ASTM International, 2012.
- \_\_\_\_\_. **G173-12**: standard tables for reference solar spectral irradiances - direct normal and hemispherical on 37° tilted surface. ASTM International, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Partes 1 a 6: Desempenho das Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.
- BRASIL. **Anexo Geral V da Portaria INMETRO Nº 50/2013**: catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Brasília, 2013.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMETRO. Anexo V. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Anexo da Portaria: nº 50/2013

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf)>, Acesso em 20 Mar. 2017

TESTO. **Testo 175 Dataloggers – Instruction manual**. Disponível em: <<https://media.testo.com/media/f2/c5/b1f06bfe5995/testo-175-Instruction-manual.pdf>>, Acesso em 06 Fev. 2017