

## **DESEMPENHO TÉRMICO DE RESIDÊNCIA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO: ESTUDO DE CASO**

**PAULA ISABELLA DE OLIVEIRA ROCHA<sup>1\*</sup>; VICENTE DE PAULA TEIXEIRA ROCHA<sup>2</sup>;  
VERA SOLANGE DE OLIVEIRA FARIAS<sup>3</sup>, EMMANUEL EDUARDO VITORINO DE FARIAS<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Estudante de graduação, Engenharia Civil CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, paulaiorocha@gmail.com;

<sup>2</sup>Doutorando de Engenharia Agrícola. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, vicente.rocha@ufcg.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia de Processos, Prof<sup>a</sup>. Associada, CES, UFCG, Cuité-PB, vera.solange6@gmail.com

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, eduboavista@gmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo principal avaliar o desempenho térmico do invólucro de uma edificação rural projetada por pesquisadores da UFCG e construída no Distrito da Ribeira, município de Cabaceiras (PB). Para proceder a avaliação foram coletados dados referentes às temperaturas superficiais interna e externa da alvenaria de fechamento do lado oeste da habitação. As coletas ocorreram durante o período do verão de 2016, situação climaticamente mais adversa para a região do semiárido paraibano. Os dados foram levantados sob diferentes tratamentos de manipulação das aberturas de ventilação (janelas e bandeiras). Para obtenção e armazenamento das variáveis climáticas foram construídas estações meteorológicas a partir de uma placa prototipagem, o arduíno, ligado a sensores de obtenção de variáveis climáticas. Os pesquisadores concluíram que os dados coletados e analisados neste trabalho podem contribuir na discussão sobre a problemática da qualidade ambiental das moradias construídas no Brasil, bem como numa análise mais aprofundada para a necessidade da regionalização das tipologias das edificações rurais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto térmico, temperatura superficial, arduíno.

### **THERMAL PERFORMANCE OF RESIDENCE IN PARAIBA'S SEMIARIDREGIOS: CASE STUDY**

**ABSTRACT:** The main objective of this work was to evaluate the thermal performance of the involucre of a rural building designed by UFCG researchers and built in the district of Ribeira, in the municipality of Cabaceiras (PB). In order to carry out the evaluation, data were collected concerning the internal and external surface temperatures of the masonry closing on the west side of the dwelling. The collections occurred during the summer of 2016, a climatically adverse situation for the semi-arid region of Paraíba. The data were collected under different manipulation treatments of ventilation openings (windows and transoms). To obtain and store climatic variables, meteorological stations were built from a prototyping plate, the arduino, connected to climatic variables sensors. The researchers concluded that the data collected and analyzed in this paper can contribute to the discussion on the environmental quality of houses built in Brazil, as well as a more in-depth analysis of the need for regionalization of the typologies of rural buildings.

**KEY WORDS:** Thermal comfort, surface temperature, arduino.

### **INTRODUÇÃO**

O Brasil convive com um problema acentuado do déficit habitacional, devendo observar que esta problemática engloba a falta de disponibilidade quantitativa de habitação, bem como aspecto qualitativo. As habitações devem reunir técnicas e materiais apropriados para oferecer, a custo moderado, o conforto ambiental dos ocupantes das moradias, a exemplo da ventilação e do isolamento térmico do invólucro externo, dentre outros.

Uma habitação deve oferecer conforto ambiental a partir da gestão de técnicas, como 'pé direito' elevado, boa orientação solar dos cômodos, tipo tijolos usados para confeccionar a alvenaria interna e externa, dentre outros. Avaliar o desempenho térmico do invólucro da habitação torna-se um elemento relevante no desejo de oferecer habitação que possa proporcionar qualidade ambiental aos moradores.

Para Frota&Shiffer (2009), à inércia térmica estão associados dois fenômenos de grande significado para o desempenho térmico de uma habitação: o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. A inércia térmica depende das características térmicas da envolvente e dos componentes construtivos.

A NBR 15220/2005 aponta que atraso térmico é tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.

O amortecimento é a propriedade do invólucro de diminuir a amplitude das variações térmicas. (Papst, 1999). Assim sendo, o amortecimento corresponde à diferença da média da temperatura máxima da face externa da alvenaria e a média da temperatura máxima da face interna da parede. Por sua vez, a amplitude térmica da temperatura superficial externa é a diferença entre média da máxima e a média da mínima.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o desempenho térmico do invólucro de uma edificação rural construída no Distrito da Ribeira, município de Cabaceiras (PB).

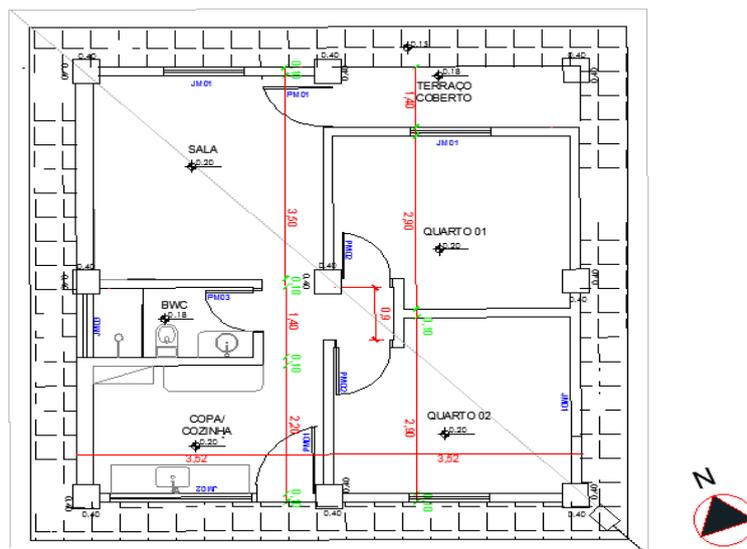
## MATERIAL E MÉTODOS

Para análise do desempenho térmico da alvenaria externa foram estudados: temperatura superficial (interna e externa) da alvenaria do lado oeste da residência, parâmetros associados à inércia térmica (como o amortecimento e atraso térmico), além da inversão térmica e amplitude.

No projeto arquitetônico da Eco Residência Rural, alvo deste estudo, encontram-se inseridos indicativos de arquitetura sustentável, alicerçados no tripé da sustentabilidade que Persson (2009) cita como ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo.

Essa residência possui característica de formato quadrangular, medindo 7,50 x 7,50 m, tipo térreo e dotado de ambiente mezanino, na área dos fundos, sobre um dos quartos. Na Figura 1 é apresentada a planta baixa da Eco-Residência.

Figura 1- Planta Baixa da Eco-Residência. Fonte: Rocha et al. (2015)



Todos os ambientes da habitação são dotados de ventilação natural, por meio de portas, bandeiras sobre as esquadrias e janelas. O ambiente escolhido para estudo foi a sala, que possui abertura da janela de madeira na fachada norte e alvenaria voltada para o oeste.

O envoltório vertical da Eco Residência em estudo é formado pelos componentes físicos: alvenaria (confeccionadas com tipo tijolo solo-cimento), janelas e porta, que separam os ambientes

internos das variáveis climáticas externas. Este envoltório tem a capacidade de exercer a função similar à de um filtro, regulando a transferência de energia térmica.

Previamente ao trabalho experimental foi planejada a composição de três tratamentos que correspondem a diferentes tipos de abertura para as trocas térmicas nos ambientes a serem estudados. As rotinas de tratamento são apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1 – Tratamento de rotina de abertura de ventilação**

	DESCRIÇÃO		PERÍODO (horário intervenção: 07 às 18 h)
	ABERTOS	FECHADOS	
1	Bandeiras, Núcleo das janelas		Dias 14, 21, 28 /janeiro e 04, 11, 18, 25/fevereiro/2016
2	Bandeiras,	Núcleo das janelas	Dias 12, 20, 27/janeiro e 03, 10, 17, 24/fevereiro/2016
3	---	Núcleo das janelas, Bandeiras	Dias 15,16,17; 23,24, 29,30,31/jan. 05,06,07,12,13,14, 26,27,28 fev.

A primeira etapa prática da análise do conforto térmico diz respeito à obtenção e armazenamento dos dados da temperatura da superfície da alvenaria (interna e externa). Para a execução do trabalho de coleta e armazenamento foi confeccionada uma Estação móvel, instalada no centro da sala, composta de uma estrutura de ferro.

Esta Estação consta de uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, denominada arduíno (que funcionou como datalogger), ao qual foram conectados os sensores de temperatura. Os dados obtidos foram armazenados em cartões tipo SD de 8G, acessados e transferidos semanalmente para um notebook. O Sensor de temperatura usado é DS18B20, recomendado para medir a temperatura de superfície ou superficial da alvenaria. A Figura 2 apresenta a estação meteorológica.

Figura 2 - Estação meteorológica composto de arduíno tipo Mega e sensores para obtenção e dados de temperatura, umidade e velocidade do vento.

Fonte: OS AUTORES



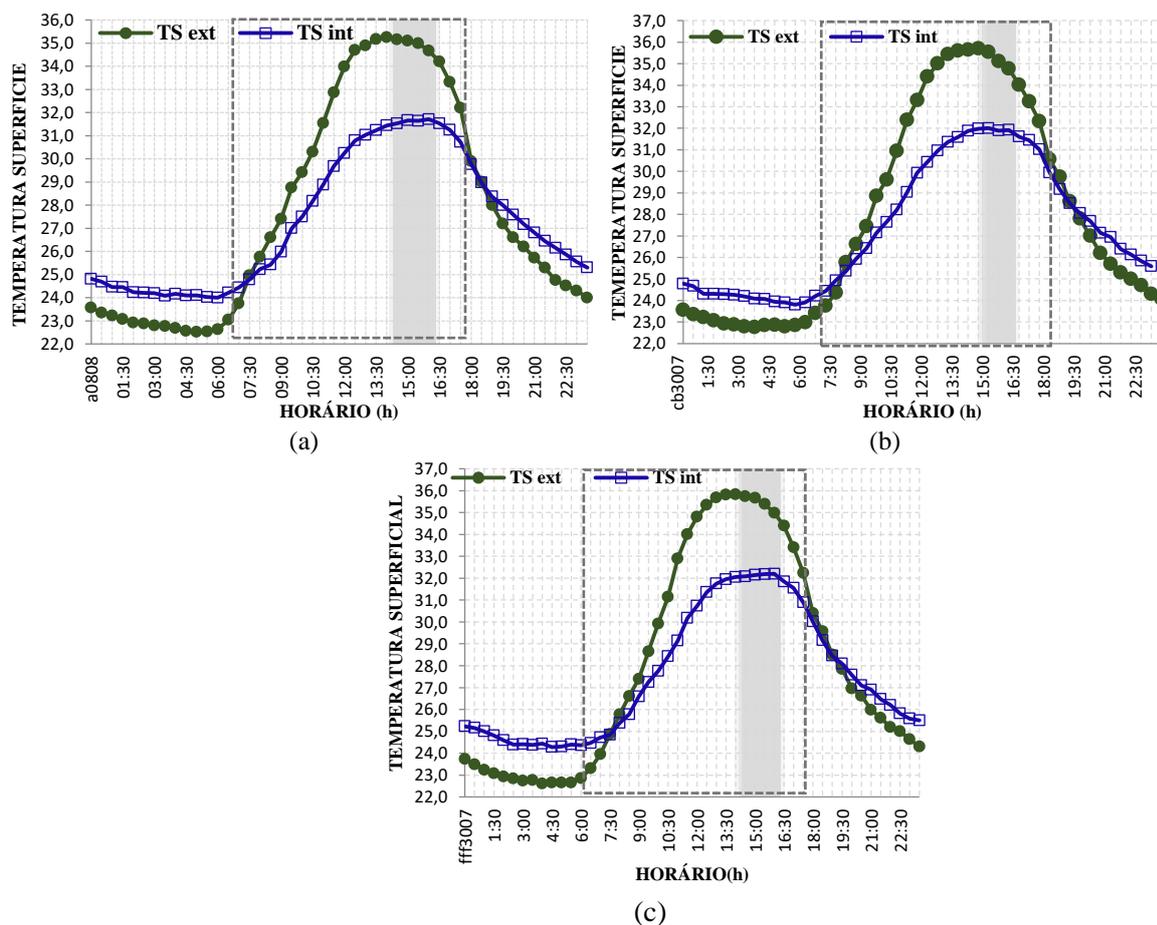
Foi procedida uma avaliação detalhada do comportamento das temperaturas superficiais das alvenarias externas ( $ts_{ext}$  e  $ts_{int}$ ). As medições ocorreram nos sete dias consecutivos da semana, ao longo do período compreendido entre 11 de janeiro a 27 de fevereiro do ano de 2016 (período do verão brasileiro, meses em que se observa grande adversidade térmica). A intervenção na abertura das esquadrias ocorreu no horário das 7 às 18 h em intervalos de 30 min.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sala em estudo é formada por quatro vãos de alvenaria, dois internos e dois externos. Dos vãos externos consta um, voltado para a orientação solar norte e o outro é voltado para o oeste. Os sensores de temperatura foram instalados na alvenaria voltada para a face oeste.

As curvas geradas para  $ts\_ext$ , e  $ts\_int$ , para o ambiente da sala, no seu invólucro voltadas para o OESTE, são apresentadas na Figura 3.

Figura 3. Gráfico da temperatura superficial parede OESTE: (a) janela aberta e bandeira aberta; (b) janela fechada e bandeira aberta; (c) janela fechada e bandeira fechada.



Analisando o tratamento que gera a situação mais adversa, ou seja, janela e bandeira fechadas, observa-se que a temperatura da superfície externa da Eco Residência começa a elevar-se após o nascer do sol, atingindo o máximo em torno das 13 h e decrescendo acentuadamente depois. A alvenaria externa voltada para o oeste registrou a temperatura superficial externa no valor máximo de 36 °C. Ocorre que a incidência do sol sobre os envoltórios externos das edificações representa, em maior ou menor escala, um ganho de energia térmica, diretamente relacionada com a intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais. Observa-se, também, a transferência de energia por convecção externa transportada pelo ar e irradiação refletida pelo solo.

O atraso térmico observado nos gráficos concernentes à temperatura superficial da parede sul aponta para um retardo de 2h30min. Observa-se que, apesar das temperaturas externa e interna, em determinado momento ter apresentado uma diferença específica, o fluxo de energia térmica, decorrente dessa diferença de temperatura, só se expressou mais tarde, caracterizando o fenômeno denominado atraso térmico. À luz da termodinâmica compreende-se que esse tempo de atraso é tanto maior quanto menor for a difusividade térmica do material que constitui a parede.

O atraso na onda de calor faz com que a energia térmica incida no ambiente interno a partir do final da tarde, fazendo com que a temperatura superficial interna se torne maior que a externa e invertendo, consequentemente, o sentido do fluxo de calor.

O amortecimento (diferença da média temperatura máxima da face externa da alvenaria e a média da temperatura da máxima da face interna da parede) foi em torno de 3,72 °C. Neste caso, salienta-se a importância da utilização de componentes construtivos com elevada inércia térmica, o que permite aumentar a diferença das temperaturas máximas da face externa em relação à face interna da envoltória. Assim, os picos de temperatura verificados externamente são menos transmitidos para a face interna da alvenaria, o que é particularmente relevante em clima quente e seco, em que a temperatura alcança valor muito alto, no decorrer do dia e baixo durante a noite.

A amplitude térmica da temperatura superficial externa, considerando a média máxima ocorrida em torno das 13 h e média mínima ocorrida por volta das 3h30min, consta de 13,4 °C.

Os horários nos quais se verifica a inversão apresentam algumas diferenças, sendo que a temperatura superficial externa superou a interna por volta das 7 h. Por outro lado, a média da temperatura superficial interna ultrapassa a média da temperatura superficial externa em horários que variam das 18 às 19 h, aproximadamente.

## CONCLUSÕES

O desempenho térmico da alvenaria oeste da Eco Residência rural guarda um estreito alinhamento com os mecanismos de transferência de energia térmica. Os mecanismos de transferência (convecção, condução, radiação, irradiação refletida, bem como a emissão) atuaram no balanço energético do envoltório da habitação.

Ocorreram fortes alterações no comportamento das temperaturas superficiais das alvenarias externas (ts ext.). Tais alterações são explicadas em razão da incidência direta dos raios solares, da radiação refletida pelos elementos do entorno (neste caso, pelo terreno) e pela convecção da temperatura do ar exterior. Em virtude disto, é de grande relevância as características de absorvidade e o grau de sombreamento de sua face externa.

Para minimizar o problema da alta temperatura superficial externa é de boa técnica inserir elementos que possam proteger as alvenarias externas da habitação. Aspectos como grandes beirais, brises verticais e horizontais, arborização, dentre outros, têm a capacidade de reduzir a incidência direta do sol, diminuindo a transferência de energia térmica por radiação.

A amplitude térmica da temperatura superficial externa reforça o fato de que a incidência solar é uma das mais relevantes matrizes de energia térmica e sua incidência sobre o invólucro externo da habitação provoca ganho de energia. Durante o turno da manhã e da tarde e em razão dessa radiação solar, tal como em razão da convecção externa e da emissão dos elementos no entorno, a temperatura superficial na face externa da envolvente é mais elevada que a interna. Por outro lado, no turno da noite ocorre redução da temperatura do ar externo e da face externa da parede, em razão da ausência da incidência da radiação solar.

Os dados coletados e analisados neste trabalho podem contribuir na discussão sobre a problemática da qualidade ambiental das moradias construídas no Brasil, bem numa análise mais aprofundadas para a necessidade da regionalização das tipologias das edificações rurais.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15.220. **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- Frota, A. B.; Schiffer, S. R. **Manual do conforto térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2009.
- Persson, J. G. **Análise Comparativa dos Planos de DRS, Desenvolvimento Regional sustentável na cadeia de leite da regional do BB em Passo Fundo-RS**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. 41 pp. Especialização
- Papst, A. L. **Uso de inércia térmica no clima subtropical estudo de caso em Florianópolis – SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. 1999. Mestrado em Engenharia Civil.
- Rocha, V. de P. T.; Baracuh, J. G. de V.; Furtado, D. A.; Francisco, P. R. M. **Eco residência rural**. In: Baracuh, J. G. de V.; Furtado, D. A.; Francisco, P.R.M. Unidade de Tecnologias Integradas para Conservação de Recursos Hídricos. Campina Grande: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Universidade Federal de Campina Grande; *Centro de Desenvolvimento, Difusão e Apoio Comunitário*, 2015. Cap.11, p.103-107.