

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE PROTÓTIPOS CONSTRUÍDOS COM BLOCO DE ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO COM LODO INCORPORADO E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS CONVENCIONAIS

Leandro Pereira Pinheiro¹, Kaio Henrique de Jesus Santos¹, Mariana Brito de Lima², Liliane Flávia Guimarães da Silva.

¹Graduandos do curso de Engenharia Civil - IFTO. e-mail: <leandropereiraifto@gmail.com> <engkaio17@gmail.com>

²Docentes do curso de Engenharia Civil - IFTO. e-mail: <mariana@ifto.edu.br> <lilianeg@ifto.edu.br>

Resumo: Tendo em vista o desenvolvimento tecnológico e o aperfeiçoamento de técnicas, a indústria da construção civil demonstra interesse em novos materiais que apresentem características satisfatórias para as construções. O baixo custo, o bom desempenho térmico e a sustentabilidade fazem parte das características mais procuradas nesses materiais. Por sua vez, as pesquisas realizadas atualmente pelo grupo de pesquisa Tecnologia e Materiais Sustentáveis - TEMAS visam a caracterização de um bloco de alvenaria de solo-cimento obtido a partir da incorporação do lodo residual proveniente das Estações de Tratamento de Água (ETA) em uma proporção de até 20% em substituição ao solo saibroso. O presente artigo representa parte da etapa de avaliação do material proposto, em relação ao seu desempenho térmico. O objetivo desta etapa da pesquisa é avaliar o desempenho térmico do bloco de alvenaria com lodo incorporado, com estudo de caso a partir de protótipos, na cidade de Palmas – TO. A metodologia utilizada é a comparação do desempenho térmico do protótipo construído com o bloco de alvenaria com lodo incorporado e o desempenho térmico de protótipos de tijolo de adobe e outro de tijolo solo-cimento convencional, comumente encontrado no município de Palmas, Tocantins. O estudo aponta que o bloco de alvenaria com lodo incorporado apresenta um desempenho térmico similar ao tijolo solo-cimento tradicional e o adobe na maioria das horas, chegando a proporcionar um atraso térmico superior ao mesmo em alguns períodos.

Palavras-chave: desempenho térmico, lodo de ETA, materiais de construção.

1 INTRODUÇÃO

Cada região possui seu clima com suas respectivas características. Contudo, nas últimas décadas o clima vem sofrendo alterações, tendo temperaturas mais extremas e eventos climáticos desregulados. Tal fato deu ênfase a necessidade de adaptar as moradias, consideradas por muitos autores nossa terceira pele, ao clima para que elas nos ofereçam o mínimo de conforto aos seus habitantes.

“Os estudos de conforto térmico tiveram nos últimos anos, um aumento de interesse por parte dos pesquisadores, sendo que as normas existentes englobam estudos sobre todas as variáveis que influenciam no conforto térmico, quer sejam em ambientes condicionados ou não” (LAMBERTS; XAVIER, 2008, p. 6). Tal crescimento de pesquisa deve-se ao reconhecimento da relevância do desempenho térmico das edificações em relação ao conforto de quem utiliza o local e também à redução do consumo de energia para que o ambiente se mantenha agradável termicamente.

“Todos os elementos de uma edificação são responsáveis pelo conforto térmico da mesma, porém depois da cobertura a parede é o principal elemento arquitetônico responsável pela absorção de calor existente no interior da edificação” (ESTULANO, 2004, p. 3). Assim pode-se concluir que não somente a cobertura, mas também as paredes interferem do desempenho térmico da estrutura como um todo.

Este artigo apresenta a comparação do desempenho térmico do tijolo de solo-cimento desenvolvido pelo grupo de pesquisa Tecnologia e Materiais Sustentáveis -TEMAS em relação ao tijolo de solo-cimento convencional e ao adobe. O tijolo desenvolvido pelo grupo diferencia-se do tijolo de solo-cimento tradicional por incorporar em sua composição o lodo proveniente de estações de tratamento de água em até 20%, em substituição a solo saibro. Acredita-se que sua utilização como material de construção pode proporcionar economia no processo construtivo, acarretando diminuição de custos diretos, como também, redução de resíduos poluentes ao meio ambiente. Com isso, realizar estudos que possam comprovar e estimar a eficácia desse produto em proporcionar um maior conforto térmico é altamente desejável.

2 METODOLOGIA

A pesquisa refere-se à análise do desempenho térmico do bloco de alvenaria de solo-cimento com lodo incorporado desenvolvido pelo grupo em relação a alvenarias sustentáveis tradicionalmente utilizadas no país a partir de protótipos construídos no município de Palmas –TO, utilizando o segundo procedimento descrito na NBR 15575 (ABNT, 2013), a medição *in loco*. Foram realizadas medições durante três dias consecutivos, iniciando no dia 13 de agosto de 2016 e encerrando no dia 15 do mesmo mês. Contudo são apresentados neste artigo apenas os dados coletados no dia 15 de agosto, pois, “ recomenda -se, como regra geral, trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia” (ABNT, 2013, p. 34). Este artigo analisa especificamente o protótipo do grupo (Tijolo B) com os construídos com tijolo de adobe (Tijolo C) e bloco de solo-cimento convencional (Tijolo A).

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DA CIDADE

Palmas possui clima do tipo AW, com duas estações bem distintas, uma seca outra chuvosa, segundo classificação de Köppen. A partir de análise dos dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015) entre os anos 2010 a 2015, Palmas – TO apresenta maior média das temperaturas máximas nos meses de agosto e setembro (38,16 °C), menor média das temperaturas mínimas no mês de janeiro (21,99 °C), e amplitude anual entre 9°C e 15 °C (Figura 2). Pela Carta

Bioclimática disposta na NBR 15220 (ABNT, 2005) o município está localizado na zona bioclimática 7.

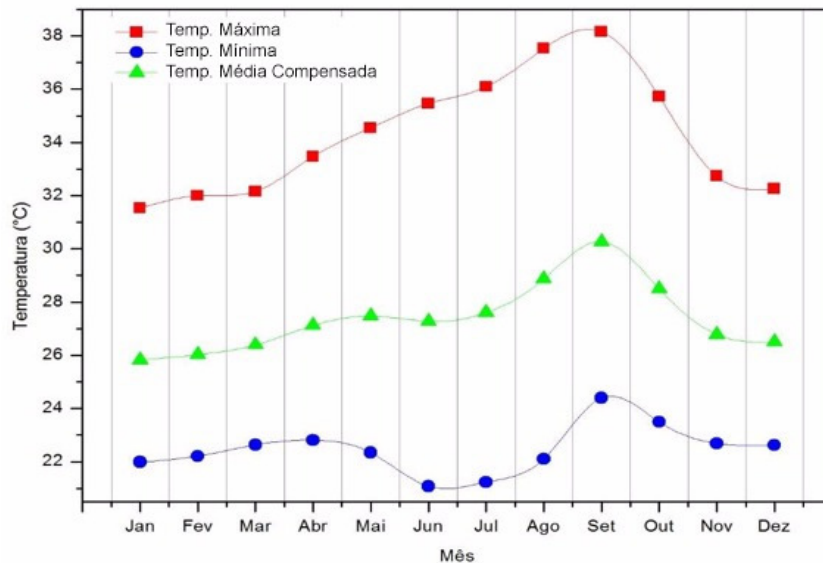


Figura 1: Gráfico de temperaturas médias mensais máximas, médias compensadas e mínimas de 2010 a 2015. **Fonte:** Elaborado a partir de dados do INMET (2016).

2.2 Protótipos

Todos os protótipos foram construídos com as mesmas dimensões, 1,50m de largura x 1,50m de comprimento x 1,50m de altura, dispondo de duas aberturas para circulação de ar nas laterais (leste e oeste), com vedação (janela) fixa em vidro de 0,30m x 0,50m na face oeste, cujas dimensões seguem recomendação da NBR 15575 (ABNT, 2013), e cobertura de telha de fibrocimento com inclinação de 12%. As figuras 2 e 3 ilustram os protótipos propostos.

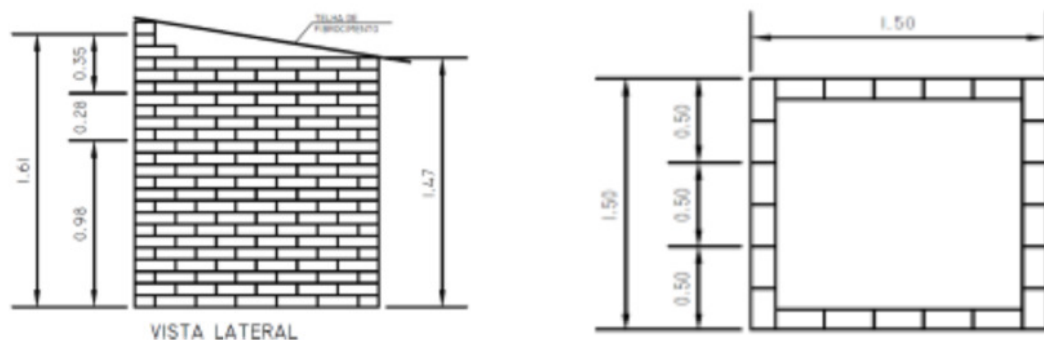


Figura 2: Vista lateral; Figura 3: Vista Superior. **Desenho:** RÊGO, L. D. (2016).

Além das características construtivas destacadas, os protótipos foram construídos com afastamento que garantisse insolação direta sobre os mesmos, sem sombreamento entre eles e por outras construções próximas, priorizando os horários de maior insolação, entre as 8 e 16 horas, por meio de estudo da carta solar (Figura 5), conforme indica a NBR 15575 (ABNT, 2013) em relação a locação:

obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento (ABNT, 2013).

Assim os protótipos foram alocados de forma a reunir as piores condições de conforto (Figura 4 e 5), ou, conforme estabelece a NBR 15575 (ABNT, 2013): “Caso esta orientação da edificação não esteja definida, esta deve ser posicionada de tal forma que a unidade a ser avaliada tenha a condição mais crítica do ponto de vista térmico”.

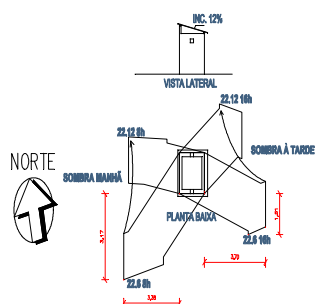


Figura 4: Locação e estudo de sombreamento **Desenho:** SILVA, L. F. G. (2015); Figura 5: Fachada Frontal do Protótipo, sem telhado. **Fonte:** Arquivo Grupo TEMAS, 2016.

2.3 Levantamento da temperatura do ar interna e externa

A caracterização do clima em Palmas e a definição dos períodos críticos para levantamento e análise de dados foram definidos pelo grupo em etapa anterior da pesquisa:

A partir da análise dos dados climáticos de Palmas constatou-se o indicado pela classificação de Köppen: a existência de um período quente-chuvoso e um período quente-seco. Estabeleceu-se então para levantamento de dados nos protótipos dois períodos críticos: de julho a setembro, sendo este considerado o período quente-seco e de novembro a janeiro o período quente-chuvoso (RÊGO, 2016).

Para a realização desta análise foram coletados a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) a cada 1 minuto, através de termômetros instalados no centro geométrico do protótipo e um externo, instalado nas proximidades, da marca KlimaLogg Pro. O posicionamento dos termômetros internamente foi determinado de forma a ficar o mais distante possível dos fechamentos (paredes e cobertura) para diminuir as interferências por radiação térmica nas medições, em conformidade com a ISO 7726 (1998, apud Lamberts, 2016) e a NBR 15220 (ABNT, 2013). Desta forma, foi possível relacionar o comportamento da temperatura interna do ar dos protótipos em relação à temperatura do ar externa e comparar desempenho térmico dos materiais com a finalidade de indicar qual material apresenta menos horas de desconforto. Diferente dos protótipos, que foram alocados para receber a maior hora de insolação a temperatura do ar externa foi tomada na sombra, seguindo também as normativas da NBR 15575 (ABNT, 2013). Ademais, uma estação meteorológica sem fio da marca INSTRUTEMP foi posicionada para fins de medição do microclima do entorno.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observando o comportamento do clima de Palmas no dia 15 de agosto, a partir de dados coletados da estação (Figura 6) e os dados levantados in loco (Figura 7), pode-se confirmar o comportamento similar para todos os materiais e atraso térmico de cerca de 3 horas em relação à temperatura do ar externa e interna aos protótipos.

Foi possível observar que o protótipo construído com o bloco de alvenaria de solo-cimento com lodo incorporado desenvolvido pelo grupo sofre maiores variações de temperatura ao longo do dia, tendo tanto a temperatura mais elevada, $46,9^{\circ}\text{C}$, durante o dia quanto a mais baixa, $26,6^{\circ}\text{C}$, durante a noite resultando em uma amplitude de $20,3^{\circ}\text{C}$. O protótipo de adobe apresentou uma amplitude de $19,4^{\circ}\text{C}$, menor que a dos demais protótipos.

A figura 6, elaborada com dados obtidos a partir da estação localizada nas proximidades dos protótipos, mostra a temperatura e a umidade do ar no dia 15 de agosto. É possível observar o comportamento crescente da temperatura a partir das sete horas até chegar ao seu pico às 16 horas, quando torna a baixar. Já a umidade se mantém baixa durante a maioria do dia, característica do clima da região para essa época do ano.

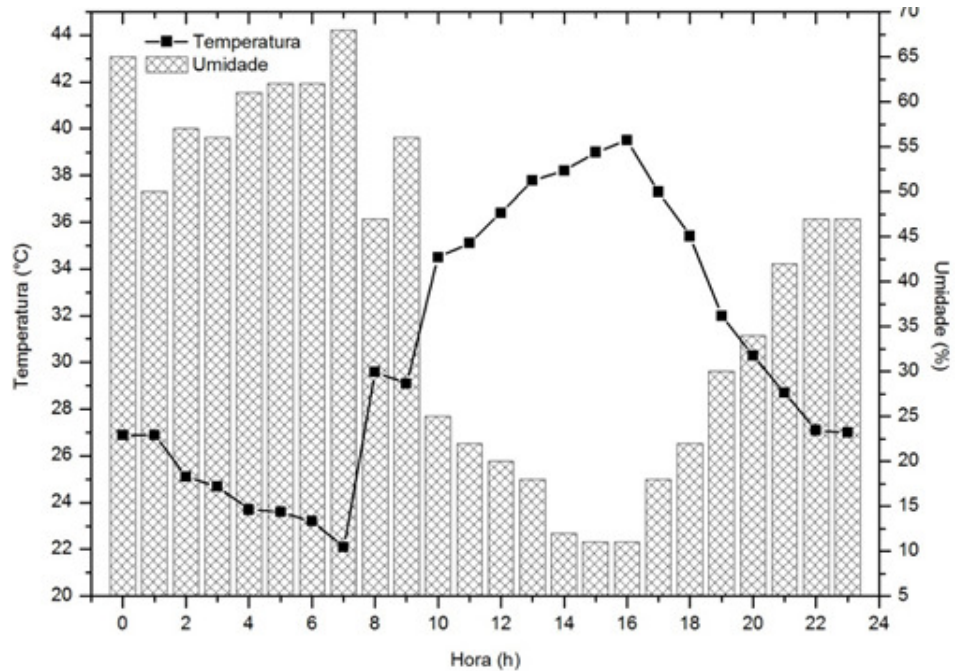


Figura 6: Evolução da temperatura e umidade relativa do ar 15/08. **Fonte:** Pesquisa de campo (2016).

A partir dos dados expostos no gráfico 7, elaborado com as temperaturas coletadas de minuto a minuto, pode-se reforçar o caráter térmico semelhante entre os protótipos estudados chegando a convergir para valores idênticos em alguns momentos.

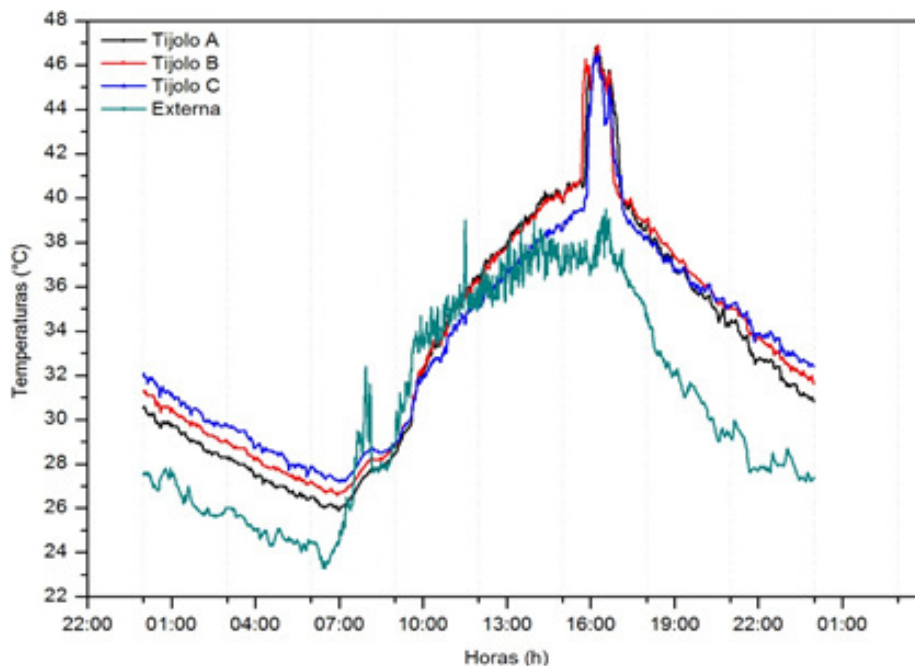


Figura 7: Evolução da temperatura ar interna e externa 15/08. **Fonte:** Pesquisa de Campo, 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que, além de possibilitar uma contrapartida ambiental o Lodo pode passar de resíduo a matéria-prima, como por exemplo, na produção de tijolos de alvenaria de baixa energia incorporada, especificamente em materiais de alvenaria de solo-cimento e Lodo, na forma de blocos com saliências para encaixe, que é a meta desse projeto, que procura empregar parte do lodo gerado na estação de tratamento de água na produção desses blocos. Esses blocos, notadamente mais amigáveis ambientalmente, em função do seu processo de produção, e através da utilização de resíduos estão proporcionando ao grupo de pesquisa a criação um novo produto: Tijolo de solo-cimento com incorporação de lodo de ETA.

O estudo comparativo do desempenho térmico entre os diferentes materiais de construção aponta para a validação construtiva da tecnologia em estudo, pois o bloco de alvenaria de solo-cimento desenvolvido pelo grupo apresentou comportamento semelhante aos materiais sustentáveis que serviram de parâmetro, no caso o bloco de solo-cimento convencional e o tijolo de adobe, demonstrando assim resultados satisfatórios e a viabilidade para o emprego do mesmo na construção civil.

Destaca-se, por fim, a necessidade de estudos futuros comparando o desempenho do bloco com lodo e outros materiais de construção convencionais, tais como tijolo cerâmico, alvenaria estrutural em concreto. Esta pesquisa serve como referência para cidades localizadas na zona bioclimática 7 e para protótipos com as mesmas características apresentadas neste estudo. Novos estudos em zonas bioclimáticas distintas e o estudo do desempenho térmico em unidades habitacionais em escala de 1:1 são indicações para a validação desta etapa da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ESTULANO, G. A. **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/MT – Avaliação pós-ocupação**. Cuiabá: UFMT, 2004.



INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>> Acesso em: 3 set. 2016

LAMBERTS, R. **Apostila da disciplina de Conforto Térmico, versão 2016**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis – SC, 2011. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em 20 abr. 2017.

RÊGO, Lana D. R.; et al. **Construção de protótipos para estudo de conforto térmico**. In: jornada de Iniciação Científica e Extensão do IFTO. JICE, 7, 2016, Araguatins, TO. Anais (on-line). Tocantins, IFTO, 2016. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/7jice/paper/viewFile/7676/3677>> Acesso em: 15 dez. 2016.