

# Insulated Concrete Forms – tecnologia alternativa na qualidade de vida pela otimização do conforto térmico

*Insulated Concrete Forms – alternative technology in quality of life by optimizing home thermal comfort*

Elson Eduardo de Oliveira Paulo\*, Humberto da Silva Metello\*

\*Centro Universitário de Várzea Grande, Brasil, elsoneduardo37@gmail.com, hmetello@gmail.com

usjt

arq.urb

número 39 | abr - dez de 2024

Recebido: 28/07/2023

Aceito: 11/09/2024

DOI: [10.37916/arq.urb.vi39.677](https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi39.677)



---

## Palavras-chave:

Desempenho térmico.  
Construção sustentável.  
Ambiente construído.

## Keywords:

Thermal performance.  
Sustainable construction.  
Built environment.

## Resumo

A cada dia, cresce a busca por edificações que sejam aliadas a conceitos de reutilização de materiais, desempenho e qualidade no conforto térmico de um ambiente construído. Considerando esses parâmetros, o objetivo deste trabalho é comparar o desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: de vedação do tijolo cerâmico e o sistema Insulated Concrete Forms, a fim de verificar a eficiência dessa tecnologia. A relevância da pesquisa sustenta-se na análise das características climáticas da cidade de Guarantã do Norte, situada na “Amazônia mato-grossense” no estado de Mato Grosso, cuja região se caracteriza por apresentar um clima quente-úmido. Trata-se de uma pesquisa aplicada que considera diferentes ensaios, verificando-se o desempenho térmico de cada protótipo durante os meses de setembro e outubro. São analisados, no ambiente construído, diferentes leituras de temperaturas durante as horas do dia, no interior e exterior das duas estruturas similares em cada sistema construtivo, e pelos resultados, identificar aquele de melhor desempenho térmico. O desenvolvimento do estudo do sistema construtivo resultou na obtenção de dados muito positivos quanto a seu desempenho térmico, que por sua vez pode gerar uma série de benefícios em relação a melhoria da qualidade de conforto no ambiente construído com as interações térmicas com o clima externo da região.

## Abstract

Every day, the search for buildings that are combined with concepts of reuse of materials, performance and quality in the thermal comfort of a built environment grows. In these parameters, the objective of this work is to compare the thermal performance between two construction systems: ceramic brick sealing and the Insulated Concrete Forms system, in order to verify the efficiency of this technology. The relevance of the research is sustained in the city of Guarantã do Norte, located in the “Amazônia of Mato Grosso” in the state of Mato Grosso, whose region is characterized by a hot-humid climate. This is an applied research carried out in different tests, verifying the thermal performance of each prototype during the months of September and October. Different temperature readings are analyzed in the built environment during the hours of the day, inside and outside the two similar structures in each building system, and through the results, identify the one with the best thermal performance. The development of the study of the constructive system resulted in obtaining very positive data regarding its thermal performance, which in turn can generate a series of benefits in relation to the improvement of the quality of comfort in the built environment with the thermal interactions with the external climate of the region.

## **Introdução**

O direito à moradia é reconhecido em diversas declarações e tratados internacionais de direitos humanos dentre os quais o Estado Brasileiro faz parte, e em virtude dos compromissos internacionais assumidos no âmbito da ONU e UNESCO, o Brasil incluiu a moradia como um direito social fundamental para a população brasileira, conforme expresso na Constituição Federal de 1988.

Observa-se, atualmente, um crescimento urbano acentuado no Brasil, com 84,72% da população vivendo em áreas urbanas e apenas 15,28% em áreas rurais (ABRAINC/FGV/IBGE, 2019). Como consequência, verificou-se nas últimas décadas um acentuado déficit habitacional de 7,78 milhões de moradias (ABRAINC/FGV/IBGE, 2019).

Atualmente, a questão habitacional no Brasil configura-se como um dos mais graves problemas sociais. A magnitude desse problema, conforme relata Gonçalves (1998, p. 1), é:

[...] visível, seja nos grandes centros urbanos, com seus contingentes elevados de população favelada, seja nas regiões mais pobres do interior do país, na qual, a precariedade da estrutura de moradias aparece como um fator agravante para a questão da pobreza em suas inúmeras manifestações.

No Brasil, a grande produção de Habitação de Interesse Social (HIS) prioriza a quantidade em detrimento com a qualidade, com uma padronização de projetos habitacionais que ignoram fatores como clima, ventilação e qualidade estrutural. Diante dessa problemática, esta pesquisa propõe uma abordagem habitacional mais sustentável, com o uso do sistema construtivo denominado Insulated Concrete Forms (ICF). Este sistema consiste em fôrmas de poliestireno expandido (EPS) para concreto armado que permanecem na edificação ao longo de sua vida útil. Tal recurso destaca-se pela sua capacidade de isolamento térmico do ambiente construído, já demonstrado em vários países, como Canadá, Inglaterra e Estados Unidos, que consideram as necessidades e preferências dos usuários para proporcionar melhor conforto interno nos ambientes construídos.

Nesse contexto, o objetivo principal do trabalho é realizar uma análise comparativa do desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: o de vedação com tijolo

cerâmico e o Sistema Insulated Concrete Forms (ICF), disponível no estado de Mato Grosso, com o intuito de verificar a eficiência dessa tecnologia, ou seja, a relação entre a quantidade de calor fornecida e a variação de temperatura no interior da habitação em função das condições do ambiente externo.

### **A cidade de Guarantã do Norte – MT e suas características climáticas**

A cidade de Guarantã do Norte, definida como área para este estudo, pertence à região da Amazônia Meridional com predominância do Clima equatorial quente e úmido, sendo sua característica mais marcante a frequente ocorrência de altas temperaturas, além de ser representada por elevada pluviosidade e altos índices de umidade e temperatura.

De acordo com os dados médios calculados a partir de uma série de registros climatológicos de 30 anos, observados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021), que caracteriza o clima da região, constata-se que há:

[...] seca severa entre os meses de junho a agosto no município com índice de precipitação muito baixo com valor médio de 27mm. No inverno as mínimas podem chegar a 20°C em junho e julho, enquanto as temperaturas máximas durante o verão podem atingir 36°C. A temperatura média anual fica entre 25 °C mínima e 33 °C máxima. Destaca-se que, o clima é fator importante ao quadro favorável ao desenvolvimento de atividades agropastoril do município. O total pluviométrico anual é em média 2.174 mm, com intensidade máxima nos meses de dezembro a março.

O conhecimento do clima local, aliado aos entendimentos sobre os mecanismos de troca de calor e o comportamento térmico dos materiais, possibilita a elaboração de projetos de arquitetura que minimizam os impactos climáticos, tornando as edificações mais confortáveis para os usuários (Leão, 2007).

A análise da área de estudo experimental de conforto térmico das edificações, realizada no período de primavera-verão, com temperaturas de 33°C, priorizando os meses de setembro e outubro, possibilita a verificação em condições climáticas de temperaturas mais elevadas do ano, permitindo a correta avaliação do atendimento à NBR 15220/2005, que trata do desempenho térmico das edificações.

## **Referencial teórico**

### **A crescente busca por sistemas construtivos alternativos**

Para suprir o acentuado déficit habitacional brasileiro, observa-se o surgimento de várias pesquisas nas universidades brasileiras e institutos de pesquisa, em que há crescente busca por sistemas construtivos alternativos de habitação. Essas áreas de conhecimento estão alinhadas aos conceitos de reutilização de subprodutos, resíduos sólidos e rejeitos de diversos materiais das indústrias de mineração na construção civil, além das áreas agrícolas e florestais, com aproveitamento de materiais como minérios, pequenas peças de madeira, cinzas, entulhos de construções, pneus, fragmentos de vidro, aparas de papel, entre outros.

Com o objetivo de solucionar o problema da falta de qualidade nas habitações, a construção civil tem se mostrado aberta a soluções industriais e inovadoras que, em sua grande maioria, se revelam soluções competitivas em termos de desempenho, sustentabilidade, economia e agilidade. Nesse contexto, a garantia de alto padrão de conformidade e segurança oferecida por produtos industrializados na construção civil é evidenciada em muitas propostas inovadoras. Entretanto, apesar de demonstrarem qualidade e desempenho, os sistemas construtivos modernos enfrentam resistência no mercado e não se consolidaram amplamente.

A inovação voltada para a sustentabilidade, ou eco inovação, pode ser considerada como a introdução de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização e que traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes (De Farias, 2016, p. 4).

Dada sua abrangência, relevância e complexidade, a implementação de novas técnicas e/ou materiais construtivos enfrenta um dos mercados mais conservadores do Brasil, onde a preferência por técnicas convencionais e artesanais se contrapõe às propostas que trazem melhorias para a construção habitacional.

Entretanto, diversos novos sistemas construtivos alternativos têm surgido, em substituição aos sistemas tradicionais, principalmente os de alvenaria, amplamente utilizados na construção civil e projetos de arquitetura. Esses novos sistemas, contudo, enfrentam uma dificuldade essencial: a carência de referências normativas e certificações, tanto em nível nacional quanto nos códigos de obras municipais, que, em

geral, não permitem o uso de sistemas construtivos alternativos, restringindo sua aplicação em larga escala e afetando programas habitacionais.

Além disso, a falta de certificação do desempenho desses sistemas compromete a qualidade de vida dos moradores, potencializando a ocorrência de manifestações patológicas, como fissuras, umidade e deslocamentos de elementos estruturais e construtivos. É visível, nessa problemática, a necessidade de melhorias significativas nas atividades de elaboração de projetos, execução de obras, escolha de materiais e na manutenção constante e regular das habitações.

### **Fatores que influenciam o conforto térmico de edificações**

O conforto térmico depende de diversas variáveis, e as condições ambientais que proporcionam conforto para pessoas em climas diferentes não são as mesmas (Frota e Schiffer, 2013). Assim, o estudo da aplicabilidade de sistemas construtivos para edificações habitacionais deve levar em consideração os diferentes cenários de cada região do país, ponderando sobre os diferentes aspectos ambientais e a variação no comportamento de um mesmo material em climas distintos.

O organismo humano reage a temperaturas elevadas por meio da troca de calor intensa entre o corpo e o ambiente. Quando as perdas de calor são inferiores ao necessário para manter a temperatura interna constante, o corpo é submetido à fadiga e ao estresse (Frota e Schiffer, 2013).

“O organismo humano experimenta a sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade” (Frota e Schiffer, 2013, p. 20).

Desse modo, pode-se afirmar que a perda de calor, sem a necessidade de mecanismos de termorregulação, proporciona uma melhor qualidade de vida para as pessoas, uma vez que o organismo não precisa realizar esforços adicionais para manter o equilíbrio da temperatura interna.

Os fatores climáticos globais classificam-se como: radiação solar, circulação atmosférica, distribuição de terras e mares, relevo do solo, correntes marítimas e cobertura do solo. Além disso, os elementos climáticos incluem temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações atmosféricas (ROMERO,

2000).

Assim, a compreensão dos fatores internos e externos às edificações influencia direta e indiretamente o desempenho térmico das habitações, pois o uso de sistemas construtivos eficientes, combinado com um bom projeto arquitetônico, pode contribuir significativamente para a otimização das condições térmicas das habitações.

### **Insulated Concrete Forms**

O sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF) é composto por formas de poliestireno expandido preenchidas com concreto, utilizadas na construção de paredes de edificações, proporcionando isolamento termoacústico e integridade estrutural (Ponder, 2014). O sistema ICF é um método de construção em concreto armado, geralmente feito com isolamento térmico rígido que permanece no lugar, servindo como um substrato interno e externo permanente para paredes, pisos e telhados.

As formas são unidades modulares interligadas que são empilhadas a seco (sem argamassa) e preenchidas com concreto. Essas unidades se encaixam de maneira similar aos Legotijolos<sup>1</sup> e criam uma forma para as paredes ou pisos estruturais de um edifício. As formas de ICF permanecem no local após a concretagem, tornando-se uma barreira de isolamento eficiente (OLECK, 2012).

“Concrete Forms (ICF) walls have become popular in residential construction, due to thermal and acoustic insulation properties, as well as its constructive characteristics” (Ruxandra, 2017, p. 2).<sup>2</sup>

Dessa forma, o sistema construtivo Insulated Concrete Forms se apresenta como uma alternativa viável para a região Norte do estado de Mato Grosso, que tem temperaturas predominantemente altas, impactando negativamente a capacidade das edificações de oferecerem conforto aos usuários.

<sup>1</sup> Legotijolo é um sistema de alvenaria de vedação e (ou) estrutural feito com tijolos cerâmicos, com encaixe similar ao de peças de Lego, proporcionando agilidade e economia em construções convencionais.

### **Tijolo cerâmico**

Assim como todo material da construção civil, o tijolo cerâmico passa por um processo de fabricação que demanda a exploração e o processamento de matéria-prima natural. Nesse contexto, o tijolo tem como matéria-prima principal a argila, que é utilizada na fabricação de uma série de produtos cerâmicos devido à sua plasticidade, resistência mecânica após a queima, aplicação técnica e disponibilidade em grandes quantidades (Vieira, 2000). Além disso, é comum encontrar produtos com propriedades diferentes, uma vez que cada mina de extração possui características específicas (Vieira, 2000).

Normalmente, é possível fabricar produtos de cerâmica vermelha com variadas argilas, situadas praticamente em qualquer lugar do mundo e que permitam utilizar diversas técnicas de processamento. Entretanto, é de se esperar produtos com propriedades bem diversificadas. Cabe ressaltar que cada região produtora deve se adequar às suas condições sociais, econômicas e tecnológicas e definir o que se quer produzir e para quem (Vieira, 2000, p. 14-17).

Com o tempo, os tijolos crus (adobe) passaram a ser cozidos, à medida que houve maior domínio da técnica e o emprego de outros materiais, o que possibilitou um ganho de resistência mecânica, impermeabilidade e durabilidade do material (Dualiibi, 2013). Nesse contexto, o tijolo passou a ser parte de várias obras de construção civil, destacando-se por sua tradicionalidade e por ser um material de fácil acesso.

A confiabilidade no material, mesmo com produção artesanal, é o principal fator que torna o tijolo cerâmico furado a primeira opção em construções. O conservadorismo da indústria da construção civil se baseia em referenciais práticos e teóricos, nos quais o conhecimento do mercado é transmitido de geração em geração por construtores e consumidores, reforçado por incontáveis estudos e pesquisas do meio acadêmico e técnico, que reafirmam a qualidade dos materiais empregados e confirmam a ideia de que inovar é chegar primeiro. Portanto, o tijolo cerâmico furado se destaca por suas propriedades e desempenho.

É de conhecimento público o uso do tijolo na construção civil e a confiança do setor

<sup>2</sup> As paredes da Concrete Forms (ICF) tornaram-se populares na construção residencial, devido às propriedades de isolamento térmico e acústico, bem como às suas características construtivas.

em sua aplicação. Entretanto, novos sistemas de construção têm surgido, apresentando propostas de otimização e melhoria na qualidade das edificações e no controle de produção. Com o foco na construção sustentável e moderna, o consumidor final começou a abrir os olhos para essas novas tecnologias, permitindo que sistemas construtivos como o Insulated Concrete Forms ganhem espaço para pesquisa, testes e implantação definitiva.

## Método

### Metodologia dos ensaios

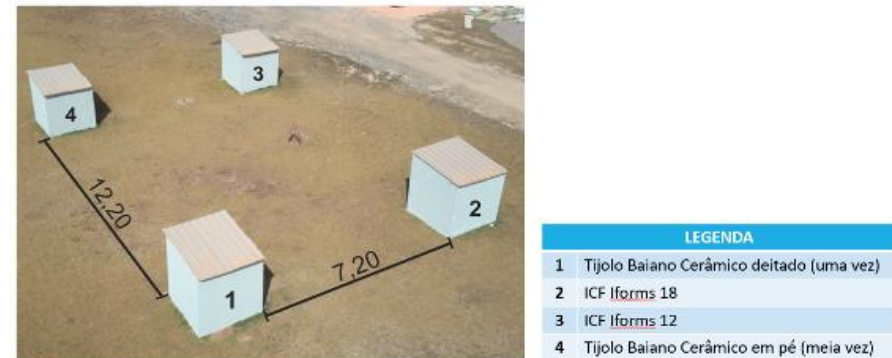
Como já mencionado, um dos objetivos primordiais deste trabalho é realizar uma análise comparativa do desempenho térmico entre dois sistemas construtivos: a vedação de tijolo cerâmico e o sistema Insulated Concrete Forms (ICF), disponíveis no estado de Mato Grosso. Trata-se de verificar a eficiência da tecnologia ICF em aspectos de desempenho térmico, como uma proposta alternativa para a melhoria do conforto em habitações. Para isso, a medição térmica ocorreu in situ, permitindo a coleta de um conjunto de resultados experimentais que possibilitaram o estudo da variação de temperatura dos materiais em um mesmo contexto climático, geográfico e arquitetônico.

Com o intuito de submeter os materiais estudados às mesmas condições, foram executados quatro protótipos construtivos com dimensões similares. Utilizaram-se três equipamentos de registro, análise e aferição térmica, periodicamente, em três horários: 8:00 horas, 14:00 horas e 20:00 horas, entre os dias 22 de junho de 2021 e 15 de julho de 2021.

### Protótipos construtivos

Os protótipos construtivos foram executados na zona rural da cidade de Guarantã do Norte – MT, Linha da Páscoa/ Estrada da Páscoa, nas coordenadas 9°57'37.9"S 54°52'51.2"W, a uma distância de 4km (quatro quilômetros) do centro da cidade e 2,8km (dois quilômetros e oitocentos metros) do campus do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)<sup>3</sup> em Guarantã do Norte.

Os quatro protótipos possuem uma área construída de quatro metros quadrados (dois metros de largura por dois metros de comprimento), sendo dois protótipos no sistema construtivo ICF e dois no sistema de tijolo cerâmico convencional. Os protótipos foram localizados no terreno de forma a evitar influências de sombreamentos e bloqueios de ventilação, seja por arborizações ou entre eles. Dessa forma, os protótipos foram locados conforme definido na Figura 1.



**Figura 1.** Distanciamento e identificação dos protótipos construídos. Fonte: Acervo dos Autores.

As edificações foram construídas com fundação do tipo Radier de dez centímetros de espessura, e as alvenarias de vedação são compostas pelos elementos propostos na pesquisa (ICF e tijolo cerâmico). A cobertura das edificações foi executada com telha isotérmica/termoacústica. Todos os quatro protótipos possuem uma abertura de acesso da mesma dimensão (0,70 x 2,00 metros), feita em chapa de madeira compensada de 4 milímetros de espessura, voltada para a direção Sul.

### Especificações do tijolo cerâmico adotado

O tijolo utilizado para a pesquisa foi encontrado em olarias da cidade de Guarantã do Norte – MT, com dimensões de 9 x 14 x 19 cm e peso de 2,200 kg. O rendimento médio é de 34 tijolos por metro quadrado quando assentados de pé (meia vez) e 50

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Avançado de Guarantã do Norte, localizado na Linha Páscoa, Km 04, Lote 471, Zona Rural, o instituto caracteriza-se

por um perfil agrícola com objetivo de formar profissionais que atuem nas áreas de produção animal, vegetal, agroindustrial e gestão rural. (IFMT, 2021)

tijolos por metro quadrado quando assentados deitados (uma vez).

### **Especificações das formas de Iforms ICF**

As fôrmas utilizadas são produzidas e fornecidas no estado de Mato Grosso pelo Grupo ICF, que possui uma fábrica na cidade de Cuiabá – MT. Essas fôrmas são feitas de poliestireno expandido, com densidade do EPS Classe F de 26,0 kg/m<sup>3</sup> e uma absorção de umidade de 0%.

Embora ambas as fôrmas tenham o mesmo processo de fabricação, elas apresentam rendimentos e características distintas, uma vez que possuem dimensões diferentes e, conseqüentemente, características técnicas variadas.

### **Equipamentos de medição**

Os dados de temperatura foram obtidos por meio da utilização de três equipamentos: um termômetro digital infravermelho, um termo-higrômetro digital e uma câmera termográfica compacta. Com esses dispositivos, foi possível aferir a temperatura e realizar imagens térmicas periodicamente em três horários: 8:00 horas, 14:00 horas e 20:00 horas, entre os dias 22 de junho de 2021 e 15 de julho de 2021.

### **Termômetro digital infravermelho**

Os dados de temperatura da superfície das fachadas leste e oeste foram aferidos no interior e exterior dos protótipos habitacionais por meio de um termômetro digital infravermelho (apresentado na Figura 2), com escala de temperatura entre -50°C e 400°C (-58°F a 752°F). Para o projeto em questão, foram realizadas quatro leituras para cada protótipo, nas superfícies da parede leste externa, parede leste interna, parede oeste externa e parede oeste interna.



**Figura 2.** Aferição de temperatura interna com o termômetro digital infravermelho. Fonte: Acervo dos Autores.

### **Termo-higrômetro digital**

Os dados de temperatura no interior e exterior dos protótipos habitacionais foram obtidos com a utilização de quatro Termo-higrômetros Digitais de Parede e Mesa com Sensor Externo da marca Highmed, modelo HM – 02 (apresentado na Figura 3). O equipamento possui escala de temperatura interna entre -30°C e 50°C e externa entre -50°C e 70°C, com precisão de  $\pm 1$  °C. Além disso, ele possui a função de leitura da umidade relativa entre 20% e 99%, com precisão de  $\pm 5$ %. Entretanto, para o projeto em questão, considerou-se apenas os fatores de temperatura interna e externa. A leitura externa ocorre por intermédio de um sensor com fio de dois metros de comprimento, conectado ao aparelho.



**Figura 3.** Termo-higrômetro digital: aparelho no interior da edificação. Fonte: Acervo dos Autores.

O tempo de estabilização do equipamento é de 2 horas, e o modelo de registro das informações é manual, o que implica que o pesquisador é responsável pelo registro. Para o projeto, foram preenchidas tabelas diárias com as leituras aferidas.

### **Câmera termográfica compacta**

Os dados de geração de imagens térmicas (160 x 120 pixels, totalizando 19.200 pixels) no exterior dos protótipos habitacionais foram obtidos com a utilização de uma Câmera Termográfica Compacta da marca Highmed, modelo Flir C5 (apresentada na Figura 4). O equipamento possui faixa de temperatura de armazenamento entre -40 a 70 °C (-40 a 158 °F) e faixa de temperatura operacional entre -10 a 50 °C (+14 a 122 °F), com precisão em temperatura ambiente de 15 a 35 °C (59 a 95 °F) e temperatura do objeto acima de 0 °C (32 °F):  $\pm 3$  °C ( $\pm 5,5$  °F) para 0 a 100 °C (32 a 212 °F) e  $\pm 3\%$  para 100 a 400 °C (212 a 752 °F). A sensibilidade térmica é  $< 70$  mK. O formato de arquivo gerado é JPEG padrão, com armazenamento na memória interna e possibilidade de conexão com a nuvem mediante o sistema integrado FLIR Ignite, permitindo que as imagens sejam salvas instantaneamente e

posteriormente inseridas no banco de dados das leituras aferidas.



**Figura 4.** Imagem registrada com a Câmera termográfica compacta. Fonte: Acervo dos Autores.

### **Metodologia de cálculo**

Através dos protótipos executados e das ferramentas de medição utilizadas, foi possível obter resultados das tabelas que retratam as informações coletadas em campo por meio do termômetro digital infravermelho e do termo-higrômetro digital. Além disso, obteve-se as imagens térmicas por meio da câmera termográfica compacta.

Foi possível realizar a análise de desempenho através de um método comparativo, analisando o desempenho individual de cada protótipo e, posteriormente, comparando os resultados entre eles. Para tal, essa análise se divide em três etapas:

Etapa 1 – Análise dos resultados do termômetro digital infravermelho ao longo do período de aferição;

Etapa 2 – Análise dos resultados do termo-higrômetro digital ao longo do período;

Etapa 3 – Análise dos resultados das imagens registradas pela câmera termográfica

compacta, cruzando os dados com os resultados dos demais termômetros.

A análise de dados possibilita uma compreensão do desempenho térmico das edificações, de modo a identificar o material de melhor desempenho térmico submetido aos mesmos fatores climáticos.

## Resultados e Discussões

### Análise dos resultados obtidos mediante o uso do Termômetro digital infravermelho

Com o objetivo de verificar a capacidade de isolamento térmico das paredes dos protótipos habitacionais, foi realizado o ensaio nas faces internas e externas de duas paredes em cada protótipo. Foram definidas as paredes Leste e Oeste devido à maior incidência solar nos períodos estabelecidos para a coleta de dados.

A primeira etapa desta análise divide os dados coletados por meio do termômetro digital infravermelho em cada protótipo. Sendo assim, foi possível identificar a variação da face externa para a face interna das paredes Leste e Oeste das quatro edificações, obtendo dados da temperatura aferida diariamente, como no exemplo da Figura 5.



**Figura 5.** Temperatura interna e externa da parede leste do protótipo 1. Fonte: Acervo dos Autores.

Por meio dessa coleta de dados, não foi necessária uma análise mais profunda para verificar que o protótipo 4 (Tijolo em pé) apresentou maior dificuldade de isolamento térmico em relação aos demais protótipos, tendo uma diferença de temperatura média na parede Leste de 16% e na parede Oeste de 14%. O protótipo 1 (Tijolo cerâmico deitado) apresentou o segundo pior desempenho: diferença de temperatura média da parede Leste de 18% e na parede Oeste de 14%. Em seguida, tem-se o protótipo 2 (Iforms ICF 18) com o segundo melhor desempenho: diferença de temperatura média da parede Leste de 25% e na parede Oeste de 20%. O protótipo 3 (Iforms ICF 12) destacou-se por apresentar o melhor desempenho: diferença de temperatura média da parede Leste de 26% e na parede Oeste de 22%.

É de suma importância considerar que quanto maior a diferença de temperatura do ambiente externo para o ambiente interno, melhor é o desempenho do material, uma vez que ele conserva a temperatura interna devido à boa capacidade de isolamento. Os dados informados podem ser confirmados nas Figuras 6 e 7.

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Média Leste exterior	34,51°C	35,70°C	35,61°C	34,32°C
Temp. Média Leste interior	28,40°C	26,64°C	26,34°C	28,69°C
<b>Diferença (%)</b>	<b>18%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>	<b>16%</b>

**Figura 6.** Temperaturas médias na parede leste. Fonte: Acervo dos Autores.

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Média Oeste exterior	33,00°C	33,21°C	33,69°C	33,11°C
Temp. Média Oeste interior	28,30°C	26,55°C	26,33°C	28,60°C
<b>Diferença (%)</b>	<b>14%</b>	<b>20%</b>	<b>22%</b>	<b>14%</b>

**Figura 7.** Temperaturas médias na parede Oeste. Fonte: Acervo dos Autores.

Além da análise das médias, foi possível realizar uma análise nos dados coletados ao longo do dia, em que há uma maior estabilidade térmica no interior das edificações executadas com o sistema construtivo ICF. Essa característica pode ser muito positiva em uma habitação real, uma vez que o ambiente construído não apresentará variação de temperatura ao longo do dia, e, conseqüentemente, não causará



desconforto térmico em decorrência da ativação dos mecanismos de termorregulação corporal de seus habitantes.

### Análise dos resultados obtidos por meio de Termo-higrômetro digital

A segunda etapa desta análise se baseia nas aferições térmicas realizadas pelo termo-higrômetro digital, que, por sua vez, apresenta dados diferentes do termômetro digital infravermelho. A leitura do termômetro digital infravermelho apresenta dados da superfície das paredes; já o termo-higrômetro digital retrata a temperatura do ambiente construído e do ambiente externo e, portanto, representa a condição térmica resultante de variáveis internas e externas, tais como: ventilação natural, umidade, design arquitetônico, capacidade de isolamento de seus materiais, entre outros. Nesse contexto, foi possível analisar a variação da temperatura externa e interna da edificação por meio dos dados coletados, identificados como no exemplo do gráfico da Figura 8.

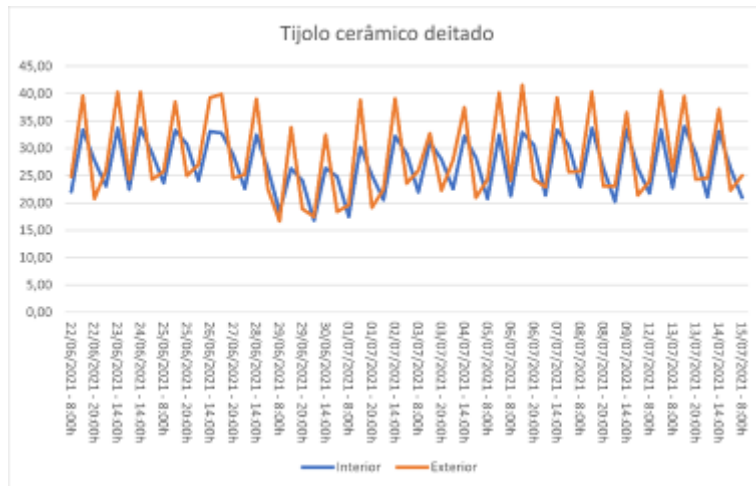


Figura 8. Temperatura do ambiente interno e externo do Protótipo 1 (Tijolo deitado). Fonte: Acervo dos Autores.

Por meio da utilização do termo-higrômetro, foi possível identificar a temperatura externa mais elevada para o período de aferição, conforme representado na Figura

9.

Item	Protótipo 1	Protótipo 2	Protótipo 3	Protótipo 4
Temp. Externa máxima	41,60°C	43,80°C	44,60°C	41,40°C
Temp. Interna na mesma leitura	32,90°C	33,10°C	32,10°C	33,60°C
<b>Diferença térmica</b>	<b>8,70°C</b>	<b>10,70°C</b>	<b>12,50°C</b>	<b>7,80°C</b>

Figura 9. Temperatura do ambiente interno e externo do Protótipo 1 (Tijolo deitado). Fonte: Acervo dos Autores.

Quando submetido a uma temperatura de 44,60°C no dia 05/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), o protótipo 3 (lforms ICF 12) demonstrou melhor capacidade de isolamento médio, com uma temperatura interna resultante de 32,10°C. O protótipo 2 (lforms ICF 18) apresentou o segundo melhor desempenho: quando submetido a uma temperatura de 43,80°C no dia 08/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), demonstrou a segunda melhor capacidade de isolamento, com uma temperatura interna resultante de 33,10°C. O protótipo 1 (Tijolo deitado) apresentou o terceiro melhor desempenho: quando submetido a uma temperatura de 41,60°C no dia 06/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), teve uma temperatura interna resultante de 32,90°C. Ademais, o protótipo 4 (Tijolo em pé) apresentou o pior desempenho: quando submetido a uma temperatura de 41,40°C no dia 14/07/2021 às 14:00h (temperatura mais elevada aferida), com uma temperatura interna resultante de 33,60°C.

Assim como na análise da primeira etapa, foi possível identificar uma maior estabilidade térmica no interior das edificações executadas com o sistema construtivo ICF. Entretanto, um fator que também se destacou foi a elevada temperatura externa dos protótipos habitacionais com o sistema construtivo Insulated Concrete Forms, sendo esse um aspecto que pode representar uma influência negativa para o microclima onde a edificação está inserida.

### Análise dos resultados obtidos por intermédio da Câmera termográfica compacta

A terceira etapa desta análise se baseia nas imagens registradas pela Câmera termográfica compacta. O objetivo do registro desse equipamento consiste em verificar a condição térmica externa dessas edificações inseridas em um mesmo contexto climático e, assim, analisar o impacto da inserção dos materiais em um determinado microclima. Para tal, não foi possível obter um resultado suficientemente conclusivo, uma vez que seria necessário um maior aprofundamento em questões urbanísticas e microclimáticas. Ademais, foi possível, em conjunção com as leituras dos demais equipamentos, realizar uma análise técnica acerca desse aspecto.

Ao analisar os registros da câmera termográfica compacta, é possível identificar um padrão de reação térmica: em geral, os protótipos que apresentaram um maior isolamento térmico em cada aferição também apresentaram uma temperatura superficial externa mais elevada, conforme registrado pelo termômetro a laser infravermelho, e um registro de temperatura ambiental externa mais elevado acusado pelo termo-higrômetro digital. Tem-se como exemplo a situação a seguir, que apresenta o desempenho na temperatura externa máxima registrada no período dos ensaios (44,60°C no dia 05/07/2021 às 14:00h).

Como mencionado anteriormente, essa temperatura ocorreu no protótipo 3 (Iforms ICF 12) por meio do termo-higrômetro digital e, apesar disso, demonstrou melhor capacidade de isolamento, com uma temperatura resultante interna de 32,10°C. Os dados dos registros nessa aferição podem ser confirmados na Figura 10.

	Temperatura Externa	Temperatura Interna	Temperatura superficial externa (Sol da tarde)	Temperatura superficial interna (Sol da tarde)
Protótipo 1	41,60°C	32,90°C	52,90°C	33,50°C
Protótipo 2	43,80°C	33,10°C	58,60°C	28,00°C
Protótipo 3	44,60°C	32,10°C	59,10°C	28,90°C
Protótipo 4	41,40°C	33,60°C	54,80°C	35,20°C

Figura 10. Registros térmicos no dia 05/07/2021 às 14:00 horas. Fonte: Acervo dos Autores.

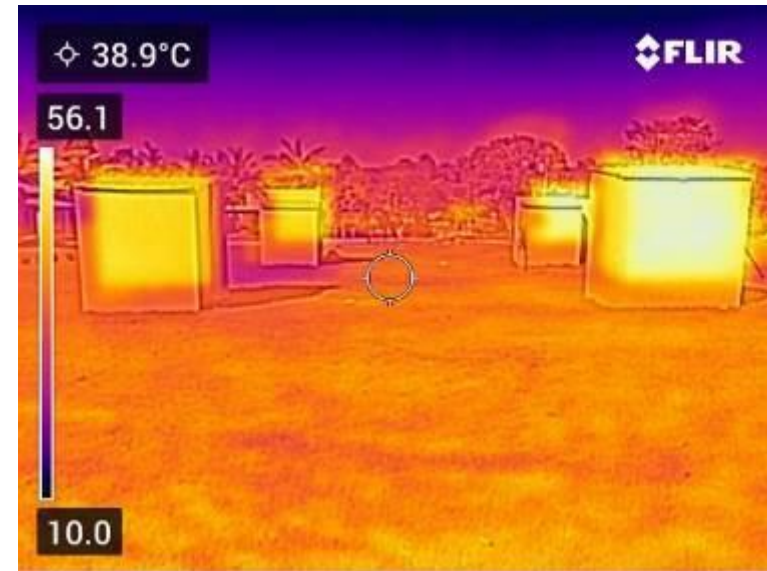


Figura 11. Foto Térmica registrada no dia 05/07/2021 às 14:00 horas. Fonte: Acervo dos Autores.

Em uma primeira visualização dos protótipos à direita (construídos em ICF) na Figura 11, já fica evidente a elevada temperatura externa ao comparados com os protótipos construídos com o tijolo cerâmico. Esta leitura pode ser confirmada também pelos registros dos demais termômetros destacados na Figura 9. Isso ocorre devido ao material isolante evitar a troca térmica entre as camadas externas e internas da parede, e, conseqüentemente, o reboco externo é submetido a um calor excessivo pela fadiga térmica, que, por sua vez, passa a demandar maior atenção nos processos executivos, de modo a evitar impactos negativos, como a dilatação excessiva do material (gerando trincas e fissuras) e até mesmo o surgimento de fissuras de retração nas etapas de execução. Para tal, seria necessária uma pesquisa direcionada ao desempenho dos materiais de revestimentos externos neste sistema construtivo e em suas reações a diversas situações climáticas.

Através dessa leitura, pode-se concluir que, por mais que o sistema construtivo Insulated Concrete Forms apresente uma capacidade de isolamento impressionante em comparação com o sistema construtivo de tijolo cerâmico, ele responde de maneira mais agressiva ao ambiente externo. Portanto, demanda uma análise

multisetorial e paramétrica por parte dos arquitetos e engenheiros que inserirem uma edificação com essas características, uma vez que, ao elevar a temperatura externa, pode-se contribuir para a piora do microclima onde ela está inserida.

## **Conclusões**

Este trabalho surgiu da necessidade de contribuir para a solução da problemática do desconforto térmico habitacional no Brasil por meio de uma pesquisa experimental na análise de um sistema construtivo apontado, possivelmente, como satisfatório no isolamento térmico em construções, incluindo a forte demanda por produtos construtivos que atendam a um padrão mínimo de conforto e qualidade ambiental das edificações. Ademais, também visou estabelecer vários pontos que podem ser favoráveis à sociedade, contribuindo para agregar valor à cadeia produtiva habitacional, colaborando com a melhoria no desempenho das moradias na região Norte de Mato Grosso e com a política de incentivo ao desenvolvimento da pesquisa em ciência e tecnologia, oportunizando a aplicação do material em estudo.

Ao analisar os protótipos por intermédio das leituras das temperaturas do ambiente interno e externo na região de estudo, a fim de comparar o sistema Insulated Concrete Forms e o sistema construtivo convencional de tijolo cerâmico de 6 furos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

O sistema construtivo Insulated Concrete Forms apresentou um desempenho térmico superior ao sistema construtivo convencional de construção com tijolo cerâmico. Através dos dados obtidos nesta pesquisa, foi possível verificar que o sistema ICF permitiu a seus protótipos construtivos manter uma temperatura mais estável em seu interior ao longo do dia e, portanto, demonstrou uma excelente capacidade de conservação de temperatura ambiental. Nesse sentido, pode-se afirmar que, além de ser um bom isolante térmico, o sistema ICF conserva a temperatura interna de modo a, quando demandado, poderá conservar situações climáticas obtidas de maneira mecanizada no ambiente. Em outras palavras, o sistema construtivo realiza uma função de “caixa térmica”, que, caso necessário, pode ser considerado como uma boa oportunidade para construções industriais e comerciais, tais como: câmaras de conservação de sementes agrícolas, câmaras frias e até mesmo saunas de relaxamento. Devido à sua eficiência, pode variar quando submetido a esses contextos, sendo assim, seria necessário um estudo específico para tais condições.

A aferição realizada com a utilização do termômetro laser infravermelho apresentou um resultado muito satisfatório, de tal modo que o sistema construtivo ICF apresentou menor transmitância térmica em suas camadas quando comparado com o tijolo cerâmico, tendo como destaque o protótipo executado em ICF Iforms 18, que, por possuir camadas mais espessas, tornou-se mais eficaz nesse quesito. Essa aferição em especial é importante por caracterizar o desempenho do material em uma situação cotidiana, e pode ser conclusiva como a melhoria de um dos inúmeros fatores que afetam o desempenho de uma edificação: transmitância térmica das alvenarias.

Nesse âmbito, é válido lembrar que o sistema construtivo ICF apresenta-se como possível solução para um dos problemas relacionados ao desconforto habitacional e, portanto, cabe ao profissional responsável pelo projeto da habitação avaliar as variáveis externas e internas que interferem na qualidade do empreendimento, tais como: ventilação natural, clima, dimensões, quantidade de habitantes, equipamentos em funcionamento na edificação, dentre outros.

Seria erroneamente conclusivo afirmar que o sistema ICF apresentou danos ao microclima inserido nesta pesquisa. Entretanto, mediante os registros obtidos pela câmara termográfica compacta e dos dados apresentados na terceira etapa de análise, foi possível identificar que os dois protótipos construídos com esse material elevaram a temperatura ambiental externa e, portanto, atenta-se para os impactos que uma edificação com esse sistema pode causar dentro de uma cidade. Notoriamente, seria necessária uma análise específica dessa intervenção climática em edificações de pequeno, médio e grande porte dentro dos diversos microclimas urbanos. Além disso, cabe destacar que essa leitura pode representar a possibilidade de elevação da temperatura da primeira camada de reboco do material, o que pode se tornar uma dificuldade de implementação quando não considerada na definição do traço da argamassa e na sua aplicação, provocando assim trincas e fissuras de dilatação, bem como de retração do material.

Em síntese, no que se refere ao objetivo geral desta pesquisa de comparar o sistema construtivo Insulated Concrete Forms com o sistema construtivo de tijolo cerâmico em aspectos de desempenho térmico, foi possível concluir que o sistema ICF destacou-se por sua excelente capacidade de isolamento térmico e conservação de temperatura no ambiente interno, beneficiando uma população que tanto

almeja moradias com níveis aceitáveis de conforto.

Conclui-se, a partir do estudo desta pesquisa, que vários são os desafios impostos à gestão da política habitacional no Estado de Mato Grosso e no Brasil, ao meio acadêmico na produção de estudos e referenciais normativos acerca desse material e à indústria da construção civil em sua implementação. Tais desafios exigem ações rápidas, continuadas e permanentes, articulando diferentes níveis da administração pública, seja federal, estadual ou municipal, e também a participação da sociedade, centros de pesquisa e universidades. Assim, o sistema construtivo proposto nesta pesquisa deve motivar todos os que têm um papel a desempenhar na questão habitacional a se engajar, com sua especificidade, em uma estratégia de busca, num prazo, ainda que longo, de garantir moradia digna para todos os brasileiros.

## Referências

ABRAINC/FGV/IBGE. **Déficit habitacional é recorde no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/noticias/2019/01/07/deficit-habitacional-e-recorde-no-pais/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**, 2005.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

DE FARIAS, Adriana Salete Dantas, et.al. Contribuições de eco-inovações para a gestão ambiental de atividades produtivas em um empreendimento da construção civil. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 9, p. 102-120, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2734/273445396011/html/>

DUALIBI, Jackson Antonio da Silva, et.al. **Arquiteto Joan Villà: a construção da cerâmica armada**. 2013.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto térmico**. 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2013.

GONÇALVES, R. R. **O Déficit Habitacional Brasileiro: Um mapeamento por unidades da Federação e por níveis de renda domiciliar**. Texto para discussão nº 559

Rio de Janeiro, abril de 1998, Diretoria de Pesquisa do IPEA.

ICF CONSTRUTORA. **Vantagens de construir com Iforms ICF**. Disponível em: <https://icfconstrutora.com.br/>. Acesso em: 31 jun. 2021.

IFMT, Campus Avançado de Guarantã do Norte. **Histórico**. Disponível em: <https://gta.ifmt.edu.br/conteudo/pagina/gta-historico/>. Acesso em: 11 nov. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. **Gráficos Climatológicos (1981/2010)**. Matupá - MT, 2021.

LEÃO, E. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá, Mato grosso**. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

OLECK, R. F.; HABEL, A. C.; HERRIT, D. W. Insulated Concrete Forms (ICF) as blast-resistant barriers. *In: STRUCTURES CONGRESS 2012, 2012, Anais [...]*, p. 35-45.

PONDER, Rebecca L. **An analysis of insulated concrete forms for use in sustainable military construction**. 2014. Disponível em: <https://scholar.afit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1721&context=etd>

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2 ed. 2000.

RUXANDRA, Crutescu. Insulated Concrete Forms as Thermal Envelope Used for the Romanian Passive Office Building in Bragadiru-Ilfrov. **International Journal of Education and Learning Systems**, v. 2, 2017. Disponível em: [https://iaras.org/iaras/filedownloads/ijes/2017/008-0014\(2017\).pdf](https://iaras.org/iaras/filedownloads/ijes/2017/008-0014(2017).pdf)

VIEIRA, C. M. F.; DE HOLANDA, J. N. F.; PINATTI, D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes-RJ. **Cerâmica**, v. 46, p. 14-17, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/F75cmwGYptwNvNGyT3887Lq/?lang=pt>