XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8911

Desempenho térmico de protótipos em concreto e steel frame: estudo piloto

Thermal performance of concrete and steel frame prototypes: a pilot study

Davison Guimarães Sopeña
UFPel | Pelotas | Brasil | davisonsopena@gmail.com
Alex Sandro Kuhn
UFPel | Pelotas | Brasil | projeto@domihouse.com.br
Carolina de Mesquita Duarte
UFPel| Pelotas | Brasil | carolinademesquitaduarte@hotmail.com
Luciane Andreola Beber
UFPel | Pelotas | Brasil | luandreolabeber@gmail.com
Julia da Cruz Lopes
UFPel | Pelotas | Brasil | ju-0-9@hotmail.com
Leonardo Perachi Polese
UFPel | Pelotas | Brasil | leonardo.polese8@gmail.com
Marta Baltar Alves
UFPEL - UCS | Caxias do Sul | Brasil | mbalves3@ucs.br
Stífany Knop
UFPel - UCPel | Pelotas | Brasil | stifany.knop@ucpel.edu.br
Eduardo Grala da Cunha
UFPel | Pelotas | Brasil | eduardogralacunha@yahoo.com.br

Resumo

A construção em massa de habitações de interesse social tem apostado no concreto armado como solução para os fechamentos verticais. Este trabalho apresenta um estudo comparativo do desempenho térmico de 3 protótipos construídos - Light steel frame, concreto maciço e concreto maciço com isolamento térmico externo. Os protótipos foram monitorados por um curto espaço de tempo nos meses de janeiro e fevereiro, período de calibragem do monitoramento em Pelotas, RS. Os resultados iniciais evidenciam o baixo desempenho do sistema de concreto armado, mas comprovando que a alta capacidade térmica aliada ao isolamento térmico externo auxiliam na menor amplitude térmica do ambiente.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Inércia térmica; Monitoramento in loco.

Abstract

Mass construction of social housing has invested in reinforced concrete for vertical envelope systems. This study presents a comparative analysis of thermal performance of three built prototypes – constructed using light steel framing, solid concrete and solid concrete with external thermal insulation. The prototypes were monitored over a short period in January and February during the calibration phase in Pelotas, RS. Initial results highlight the poor performance of the reinforced concrete system but demonstrate that high thermal mass combined with external insulation helps reduce the indoor temperature fluctuation range.

Keywords: Thermal performance; thermal inertia; in-situ monitoring.

Como citar:
SOPEÑA, D. G.; KUHN, A.; DUARTE, C.; BEBER, L. A.; LOPES, J. C.; POLESE, L. P.; ALVES, M. B.; KNOP, S.; CUNHA, E.G. Desempenho ambiental de protótipos em concreto e steel frame: estudo piloto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8911

INTRODUÇÃO

A avaliação do desempenho térmico de edificações habitacionais no Brasil tem sido amplamente fundamentada em parâmetros normativos como a transmitância térmica (U), conforme estabelecido pela ABNT NBR 15575 [1]. Esse parâmetro expressa a capacidade de um elemento construtivo em permitir a passagem de calor, sendo frequentemente utilizado como indicador de eficiência térmica da envoltória. No entanto, a análise isolada da transmitância térmica mostra-se limitada para representar o comportamento real das edificações, especialmente em contextos climáticos específicos como o sul do Brasil, onde as variações térmicas diárias e sazonais exercem forte influência sobre o desempenho dos ambientes internos [2] [3].

Nesse contexto, observa-se que edificações com baixo valor de transmitância térmica nem sempre apresentam melhor desempenho térmico. A redução do fluxo de calor através da envoltória pode influenciar diretamente a resposta térmica dos ambientes internos, alterando fenômenos como a amplitude térmica e o atraso térmico. Em climas subtropicais, como o de Pelotas/RS, caracterizados por verões quentes e invernos frios, essas variáveis assumem papel fundamental na avaliação do conforto térmico, uma vez que a capacidade da edificação em amortecer e retardar as variações de temperatura externa está diretamente relacionada às propriedades térmicas dos materiais e à configuração da envoltória [4] [5] [6].

Além da transmitância térmica, parâmetros como a capacidade térmica e a inércia dos materiais tornam-se essenciais para compreender o comportamento térmico das edificações. A inércia térmica está associada à capacidade dos elementos construtivos em armazenar calor e liberar essa energia ao longo do tempo, contribuindo para a redução da amplitude térmica interna e o aumento do atraso térmico. Estudos desenvolvidos no contexto brasileiro indicam que sistemas construtivos com baixa capacidade térmica tendem a apresentar maiores oscilações de temperatura interna, enquanto sistemas com maior massa térmica proporcionam ambientes mais estáveis, evidenciando a importância de uma análise integrada dos parâmetros térmicos [2] [7] [5].

Pesquisas têm reforçado a necessidade de avaliar o comportamento térmico a partir de dados experimentais obtidos em condições reais de uso.[8] O monitoramento in loco permite identificar a resposta efetiva das edificações frente às condições climáticas, evidenciando diferenças entre o desempenho previsto em norma e o comportamento. Nesse sentido, a análise de variáveis como temperatura do ar e temperatura superficial dos elementos construtivos torna-se fundamental para compreender os fenômenos de transferência de calor e a influência das diferentes configurações de envoltória [3] [6].

Este trabalho apresenta um recorte de uma pesquisa em andamento para a elaboração de uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado, onde os protótipos serão monitorados por um período de aproximadamente 2 anos e terá como produto a extração de dados de temperatura do ar interna e externa, umidade relativa do ar, temperatura superficial interna, concentração de CO2 e a formação de fungos filamentosos nas paredes.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo principal realizar uma calibração no monitoramento dos protótipos, assim como a verificação da extração de dados e comparar o desempenho térmico de três protótipos que possuem distintos níveis de isolamento térmico e capacidade térmica. A pesquisa busca analisar como essas diferentes configurações de envoltória reagem às condições climáticas do sul do Brasil, a partir do monitoramento in loco realizado na cidade de Pelotas/RS, zona bioclimática 2R brasileira. Para isso, serão analisadas variáveis da temperatura do ar (interna e externa), sendo a comparação fundamentada na interpretação de fenômenos físicos observando a amplitude térmica, o atraso térmico e a identificação das temperaturas máximas e mínimas atingidas em cada protótipo.

MÉTODO

O trabalho foi dividido em quatro etapas principais: definição e caracterização dos objetos de estudo, definição das estratégias de monitoramento, análise dos dados e discussão dos resultados.

DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Para este trabalho foram utilizados como objeto de estudo três protótipos, localizados em Pelotas/RS (zona bioclimática 2R – fria com inverno rigoroso), [9] para serem monitorados, com as seguintes técnicas construtivas:

- Protótipo A: Sistema light steel framing (LSF) com estrutura de 90 mm e telha tipo galvalume com EPS 50mm;
- Protótipo B: Concreto armado 100 mm, laje de concreto 100 mm e telha de fibrocimento 6mm;
- Protótipo C: Concreto armado 100 mm + EPS de 30 mm (EIFS - exterior insulation and finish system) e telha tipo galvalume com EPS 50mm.

Os protótipos foram construídos simultaneamente na reitoria do IFSul e o processo de construção pode ser observado na figura 1. Inicialmente foram realizadas as fundações em radier de todos os protótipos. As formas em madeira pinus foram montadas para a concretagem (paredes e laje de cobertura) dos protótipos B e C. A construção do protótipo A, em light steel frame, foi realizada em três etapas: um dia para a construção na fábrica, um dia de montagem no local e 3 dias para os acabamentos. Após desforma das paredes de concreto, o protótipo C recebeu o acabamento externo em EPS (30mm). Todos os protótipos foram pintados na cor branca.

Figura 1 – Sequência do processo de construção dos protótipos

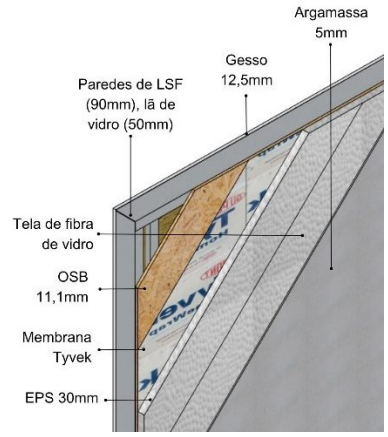
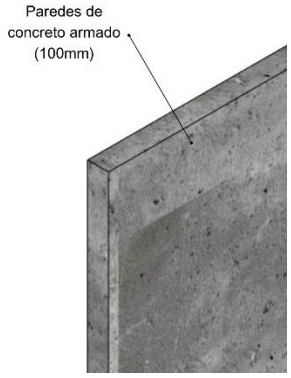
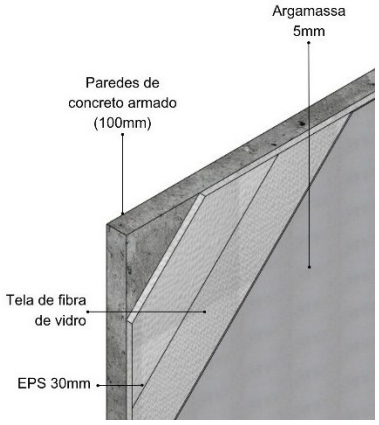


Fonte: os autores.

A composição construtiva e as propriedades térmicas dos materiais utilizados nos protótipos podem ser consultadas nos quadros abaixo. O quadro 1 apresenta as características dos fechamentos verticais.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8911

Quadro 1 – Caracterização do sistema construtivo do fechamento vertical dos protótipos.

Protótipo A: LSF	Protótipo B: Concreto	Protótipo C: Concreto + EIFS
		

Fonte: os autores.

O quadro 2 apresenta as propriedades térmicas dos fechamentos verticais dos protótipos, onde os dados térmicos do conjunto foram calculados manualmente, pela NBR 15.220-2 [10].

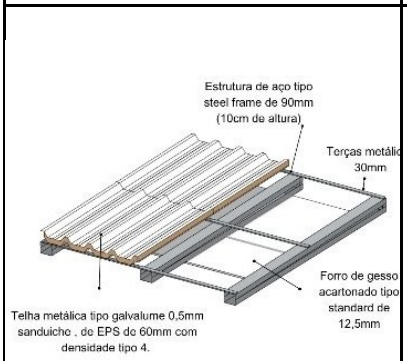
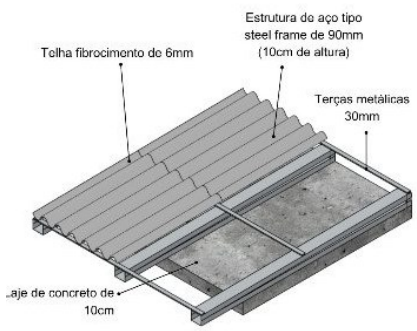
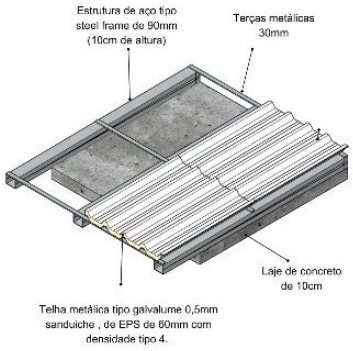
Quadro 2 - Dados do sistema construtivo do fechamento vertical dos protótipos

PROTÓTIPOS	CAMADAS	ESPESSURA mm	DENSIDADE kg/m³	CALOR ESPECÍFICO J/(kg.K)	CONDUTIVIDADE W/(m.K)	DADOS TÉRMICOS CONJUNTO
PROTÓTIPO A LIGHT STEEL FRAME	ARGAMASSA	5	2000	1.000	0,4	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m²K/W): 2,1707 ATRASO TÉRMICO (horas): 5,81 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 46,0 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 0,46
	EPS	30	50	1.450	0,04	
	MEMBRANA TYVEK	0,91	-	-	-	
	OSB	11,1	650	1.700	0,13	
	LÃ DE VIDRO	50	200	1.030	0,045	
	GESSO	12,5	900	1.000	0,3	
PROTÓTIPO B CONCRETO	CONCRETO	100	2400	1.000	2	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m²K/W): 0,22 ATRASO TÉRMICO (horas): 3,7 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 240 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 4,55
PROTÓTIPO C CONCRETO + EIFS	ARGAMASSA	5	2.000	1.000	0,4	RESISTÊNCIA TÉRMICA: 0,98 ATRASO TÉRMICO (horas): 9,9 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 252 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 1,02
	EPS	30	50	1.450	0,04	
	CONCRETO	100	240	1.000	2	

Fonte: os autores com base em [11]

A definição das transmitâncias da cobertura parte do pressuposto que o edifício é um sistema, ou seja, o desempenho de um componente (cobertura) interfere no desempenho do outro (paredes). Para evitar, por exemplo, que o ganho de calor recebido pela cobertura seja armazenado nas paredes de alta capacidade térmica e aprisionado no isolamento térmico (protótipo C), a cobertura deve ser construída com os mesmos princípios de inércia térmica e isolamento térmico. Portanto, a escolha do tipo de cobertura foi feita com base no tipo e nível de isolamento térmico e capacidade térmica do fechamento vertical e a suas caracterizações podem ser verificados nos quadros 3 e 4. O protótipo A, em LSF, com alto isolamento térmico e baixa capacidade térmica recebeu uma cobertura isolada e com baixa capacidade térmica. O protótipo B, com alta capacidade térmica e alta transmitância, conta com laje de concreto e recebeu uma cobertura ventilada em telha de fibrocimento. O protótipo C, com alta capacidade térmica e baixa transmitância, também conta com laje de concreto e recebeu telha metálica com isolamento térmico em EPS, com fechamento dos vãos entre laje e telha.

Quadro 3 - Caracterização do sistema construtivo da cobertura dos protótipos

Protótipo A: Termoacústica e gesso	Protótipo B: Fibrocimento e laje	Protótipo C: Isotelha trapezoidal
		

Fonte: os autores

O quadro 2 apresenta as propriedades térmicas dos fechamentos verticais dos protótipos, onde os dados térmicos do conjunto foram calculados manualmente. No protótipo B (cobertura de telha de fibrocimento e laje de concreto), conforme metodologia para cobertura muito ventilada, a telha de fibrocimento não é considerada na composição do cálculo.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8911

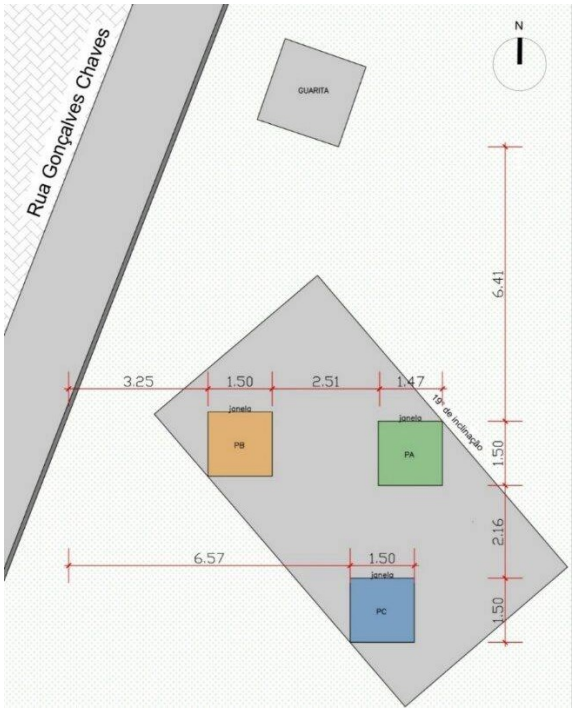
Quadro 4 - Dados do sistema construtivo da cobertura dos protótipos

PROTÓTIPOS	CAMADAS	ESPESSURA mm	DENSIDADE kg/m³	CALOR ESPECÍFICO J/(kg.K)	CONDUTIVIDADE W/(m.K)	DADOS TÉRMICOS CONJUNTO
PROTÓTIPO A TELHA TERMOACÚSTICA E GESSO	AÇO	5	7800	450	50	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m²K/W): 1,1917 ATRASO TÉRMICO ϕ (horas): 2,8 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 16,94 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 0,84
	EPS	30	50	145	0,04	
	CÂMARA DE AR	90	-	-	-	
	FORRO DE GESSO	12,5	900	1.000	0,3	
PROTÓTIPO B TELHA DE FIBROCIMENTO E CONCRETO	TELHA FIBROCIMENTO	8	1800	840	0,65	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m²K/W): 0,45 ATRASO TÉRMICO ϕ (horas): 5,53 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 240 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 2,23
	CÂMARA DE AR	90	-	-	-	
	LAJE DE CONCRETO	100	2400	1.000	2	
PROTÓTIPO C ISSO TELHA TRAPEZOIDAL, EPS E LAJE DE CONCRETO	AÇO	5	7800	450	50	RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL: 1,2 ATRASO TÉRMICO ϕ (horas): 11,5 CAPACIDADE TÉRMICA (kJ/m²K): 259,5 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m²K): 0,83
	EPS	40	50	145	0,04	
	CÂMARA DE AR	90				
	LAJE DE CONRETO	100	2400	1.000	2	

Fonte: os autores

Todos os protótipos possuem dimensões estruturais de 1,50 m (L) x 1,50 m (C) x 1,50 m (H), com janelas posicionadas a norte e portas ao sul. A figura 2 apresenta a implantação dos protótipos e orientação solar.

Figura 2 - Implantação dos protótipos



Fonte: os autores

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8911

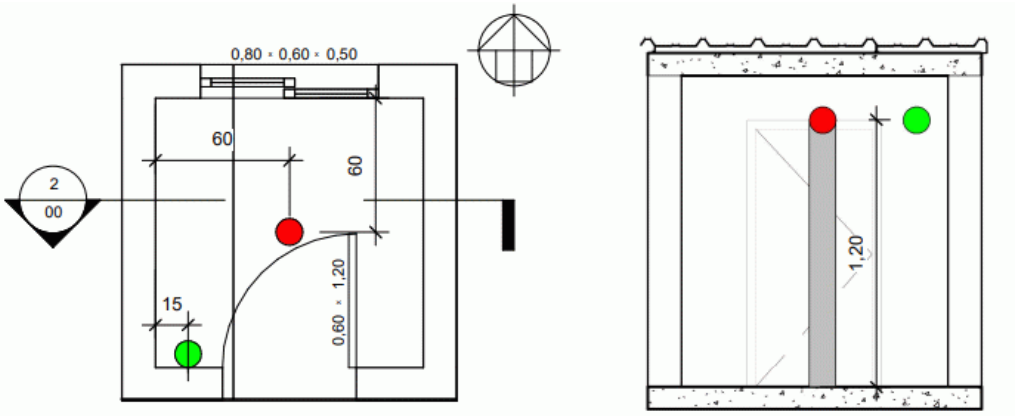
DEFINIÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE MONITORAMENTO

No interior de cada protótipo foi instalado um sensor para medição de temperatura do ar e umidade relativa, e um sensor de medição de temperatura superficial. No exterior do protótipo B, foi instalado 1 sensor para medição de temperatura do ar e umidade relativa. Para o presente artigo, apenas os dados de temperatura do ar serão analisados.

Os dados ambientais internos (temperatura do ar e umidade relativa) foram obtidos através de medições com sensores HOBO instalados, respectivamente e de acordo com a norma ISO 7726 [12], no centro dos protótipos, na altura de 1,20 metro, e/ou na face interna da parede onde encontra-se a porta e na face externa da parede do protótipo B. Para as medições das variáveis ambientais, os sensores utilizados foram os HOBOS U12-013 da Onset e IP-2000C da Impac, que foram instalados a uma altura de 1,20 metro do piso, conforme indicado pela ISO 7726. A Figura 3 mostra onde foram instalados os sensores, sendo os símbolos vermelho = Co2 S/N: 250040637, Co2 S/N: 250040641, Hobo 01, Hobo 02 e Hobo 03 e verde = Hobo 04 e Hobo 05.

Os dados ambientais externos (temperatura do ar e umidade relativa) foram obtidos por medições com sensor HOBO, instalado na parede externa, face norte acima da janela, no protótipo B.

Figura 3 – Planta e corte esquemático com a localização dos sensores



Fonte: os autores

Conforme a ISO 7726 [12], os hobos (01, 02 e 03) foram instalados no centro dos protótipos a 1,20 metro de altura, ficando o sensor afastado 0,30m da cobertura.

A coleta dos dados ocorreu durante o período de verão, sendo realizada a cada 10 minutos, no período de 15 de janeiro de 2026 a 10 de fevereiro de 2026. A definição do intervalo de medição ocorre devido a calibração realizada e que servirá para o monitoramento de decaimento de CO2 que será realizado em paralelo à de temperatura do ar da pesquisa em andamento.

Quadro 5 - Legenda da localização dos sensores.

HOBO	LOCAL
Hobo 03 interno + Hobo 04 superfície	A - Steel frame
Hobo 02 interno + Co2 S/N: 250040637 + Hobo 05 superfície + Hobo 06 externo	B - Concreto armado simples
Hobo 01 interno + Co2 S/N:250040641	C - Concreto + EPS

Fonte: os autores

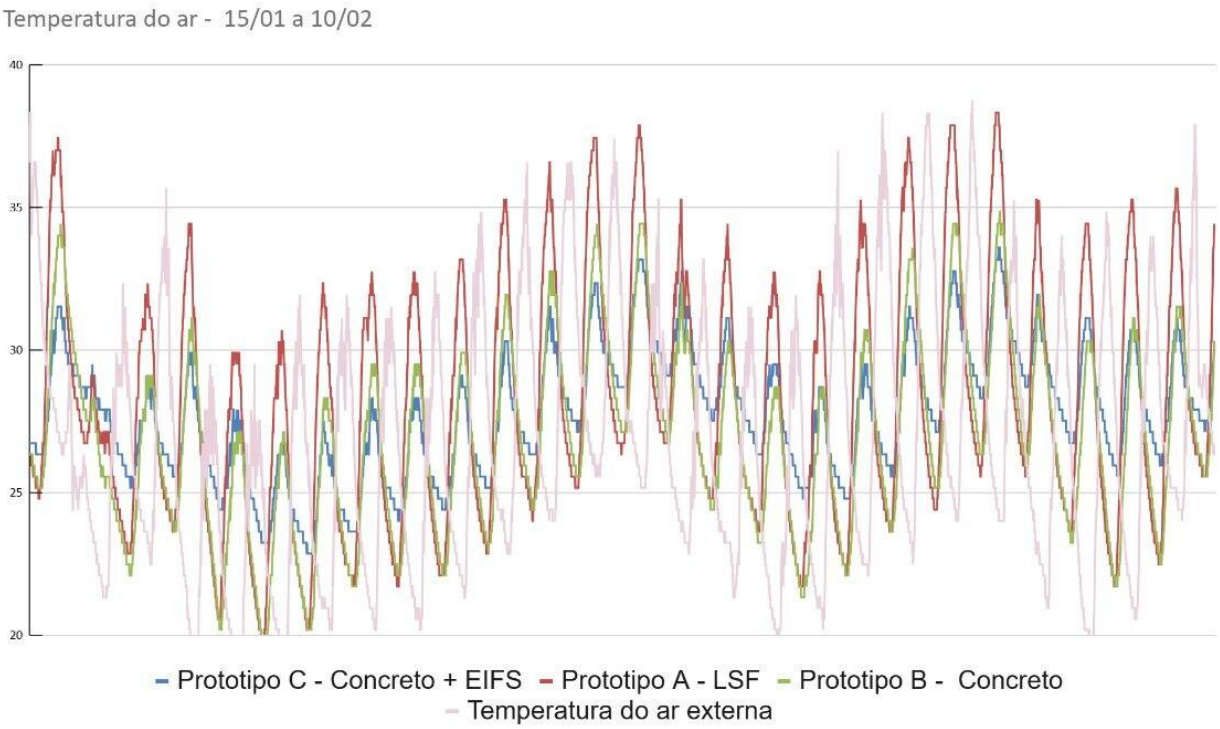
ANÁLISE DE DADOS

Os dados utilizados neste trabalho são o resultado da primeira amostra válida, ou seja, a primeira coleta extraída com sucesso dos sensores e serão utilizados para a calibração do estudo. Os dados foram extraídos por meio de aplicativo específico dos HOBOs e posteriormente compilados em tabelas do excel para a comparação dos resultados. Os dados foram analisados comparativamente quanto à temperatura do ar interna e externa.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verificou-se uma diferença no desempenho térmico dos protótipos. A figura 4 apresenta os resultados das temperaturas internas e externas no período monitorado.

Figura 4 - Temperatura do ar no período utilizado para calibração



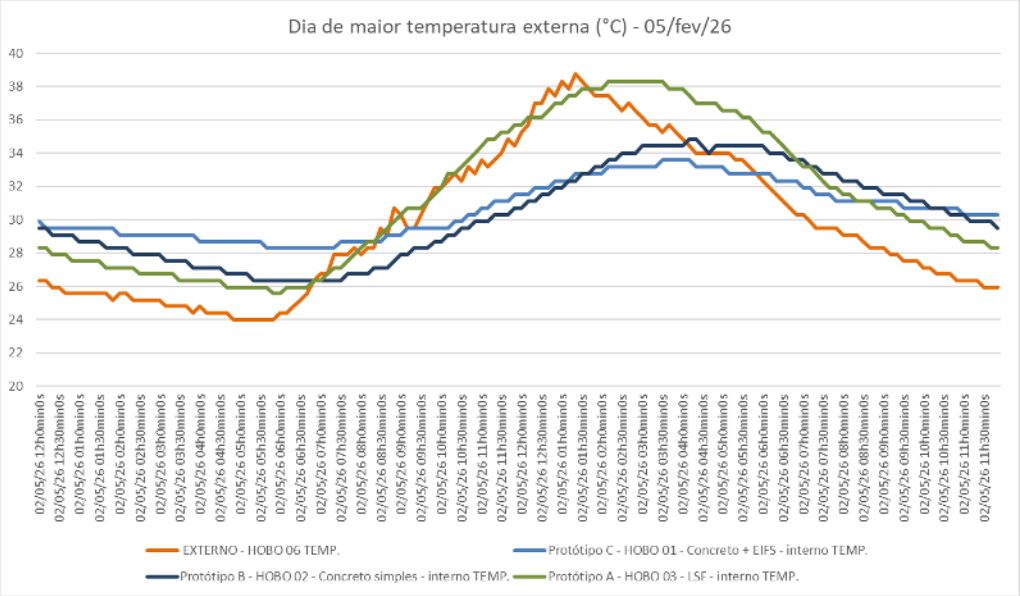
Fonte: os autores

No período diurno, quando há um aumento da temperatura externa, no Protótipo A (LSF) ocorre um aumento da temperatura interna. Já no período noturno, quando a temperatura externa cai, a temperatura interna se mantém mais amena. A característica desta construção ser mais isolada (U = 0,46 W/m²K – paredes e U = 0,84 W/m²K - cobertura) e com baixa capacidade térmica (CT = 46 kJ/m²K – paredes e CT = 16,94 kJ/m²K - cobertura) faz com que o calor gerado no seu interior não consiga ser transmitido para fora através das paredes e cobertura e nem armazenado nos fechamentos.

O Protótipo C (concreto + EIFS) apresentou uma menor variação da temperatura interna. Esta construção apresenta um bom isolamento térmico externo (U=1,02

W/m²K – paredes e U=0,83 W/m²K – cobertura) e uma alta capacidade térmica (CT= 259,5 kJ/m²K – paredes e CT= 246,5 kJ/m²K - cobertura), fazendo com que a temperatura no interior da edificação seja equilibrada pelo armazenamento de calor no concreto voltado para o interior da construção. O gráfico abaixo, apresenta os resultados da variação térmica dos protótipos no dia 05 de fevereiro de 2026, dia em que a temperatura externa foi mais alta, chegando a 38,8°C. Neste dia, o protótipo C apresenta uma menor variação térmica no seu interior, consequência da inércia térmica e do isolamento térmico.

Figura 5 - Comparação entre temperaturas do ar no dia 05/02/26



Fonte: autores

A temperatura externa esteve sempre mais extrema à interna, sendo que o protótipo A (LSF) alcançou a temperatura de 38,3°C, o protótipo B chegou à 34,8°C e o protótipo C, teve a menor temperatura de todos, 33,6°C.

Importante destacar que no período monitorado (verão) o ganho de calor por radiação solar pela cobertura é mais acentuado e a proximidade de instalação dos sensores da cobertura pode ter afetado os resultados. Entretanto, a altura definida para a instalação dos sensores foi baseada na ISO 7726 [12]. Todos os protótipos possuem janelas de correr, sem persiana, voltadas à norte, nas dimensões 0,80 x 0,60 (21,34% da área de piso), permanecendo fechadas durante todo o período. O telhado de todos os protótipos possui um pequeno beiral de aproximadamente 20 cm. O ganho por radiação direta, nesse período é devido à essa área envidraçada e os protótipos se manterem sem ventilação durante todo o período monitorado. O isolamento térmico sem o controle da radiação solar em fechamentos leves gerou sobreaquecimento (Protótipo A). No caso do protótipo C com isolamento externo e concreto, a massa térmica foi fundamental para regular a temperatura interna.

Os Protótipos B e C, em concreto, com laje em concreto, com alta capacidade térmica, possuem uma variação térmica um pouco inferior à do Protótipo A. A construção em light steel frame, por ter um maior isolamento térmico (U= 0,46W/m²K - parede e U = 0,84W/m²K - cobertura), e baixa capacidade térmica reage diretamente à variação térmica externa.

Por fim observa-se que considerando a menor amplitude térmica, ou seja, temperaturas internas mais amenas, pode caracterizar o melhor desempenho do protótipo C.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho são parte da calibragem de monitoramento dos protótipos de uma pesquisa em andamento e apresentam comprovações da eficiência da massa térmica interna conjugada com isolamento térmico externo para equilibrar a temperatura interna de edificações que recebem calor por radiação solar direta. Para as análises apresentadas neste trabalho, foram utilizados exclusivamente os dados medidos e extraídos que passaram pelo processo de triagem e validação. Esse procedimento foi necessário visto que o conjunto de dados preliminares apresentou inconsistências cronológicas e lacunas nos períodos de medição, comprometendo sua confiabilidade e resultando em sua desconsideração.

Esse trabalho pretende contribuir no preenchimento da lacuna da falta de trabalhos no Brasil que conjuguem massa térmica interna e isolamento térmico externo para o clima do sul do Brasil através de monitoramento em protótipos.

A partir dos resultados analisados neste trabalho, foi avaliada a pertinência de baixar a altura dos sensores, para condizer com a altura não convencional dos protótipos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro à pesquisa, por meio da concessão de bolsas.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram a ferramenta NotebookLM para melhoria de coesão do texto. Após a utilização da ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **“NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**,” 2021, RIO DE JANEIRO.

[2] R. Lamberts, L. Dutra, and F. O. R. Pereira, **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3ª Edição. Eletrobrás - PROCEL, 2014.

[3] C. Morishita, J. Berger, and N. Mendes, “**Weather-based indicators for analysis of moisture risks in buildings**,” Science of The Total Environment, vol. 709, p. 134850, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134850.

[4] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 15220 - 3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**,” 2005, *ABNT,* Rio de Janeiro.

[5] L. B. Buligon, M. da R. Macarthy, L. C. Bernardes, R. K. Leitzke, G. de C. Grigoletti, and E. G. da Cunha, “**Desempenho higrotérmico de paredes de alvenaria em edificação**

residencial em clima subtropical úmido," PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, vol. 13, p. e022029, Nov. 2022, doi: 10.20396/parc.v13i00.8667258.

[6] R. Hilbrecht, C. A. Cruickshank, C. Baldwin, and N. Scharf, "**A Rapid Review of Hygrothermal Performance Metrics for Innovative Materials in Building Envelope Retrofits,**" Energies (Basel)., vol. 18, no. 18, p. 5016, Sep. 2025, doi: 10.3390/en18185016.

[7] N. Mendes, F. S. Westphal, R. Lamberts, and J. A. B. da Cunha Neto, "**Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil,"** Ambiente Construído, vol. 5, no. 4, pp. 47–68, Oct. 2005.

[8] J. O. Batista, R. Lamberts, and S. Güths, "**Influências dos algoritmos de condução e convecção sobre os resultados de simulações do comportamento térmico de edificações,**" Ambiente Construído, vol. 11, no. 4, pp. 79–97, Dec. 2011, doi: 10.1590/S1678-86212011000400007.

[9] R. M. e S. MACHADO, "**Zoneamento bioclimático brasileiro**," https://labeee.ufsc.br/zoneamento.

[10] A. B. de N. T. ABNT, "**ABNT NBR 15220-2 Desempenho térmico de edificações Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD**)," 2022, ABNT, Rio de Janeiro.

[11] LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, "**Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes**," https://projeteee.mme.gov.br/componentes-construtivos/.

[12] International Organization for Standardization, "**ISO 7726:2025(en) Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring and monitoring physical quantities**," 2025.