ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Desempenho térmico em habitação social multifamiliar: análise dos ganhos de calor nos fechamentos

Thermal performance in multifamily social housing: analysis of heat gain in enclosures

Emeli Lalesca Aparecida da Guarda
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul|Naviraí|Brasil|emeliguarda@gmail.com
Martin Ordenes Mizgier
Universidade Federal de Santa Catarina|Florianópolis|Brasil|martin.ordenes@ufsc.br
Alberto Hernandez Neto
Universidade de São Paulo|São Paulo|Brasil|ahneto@usp.br

Resumo

Esta pesquisa investiga o desempenho térmico de uma habitação de interesse social em três capitais brasileiras por meio de simulação computacional, com o objetivo de estudar a orientação solar menos favorável e o impacto dos ganhos de calor nos fechamentos opacos e transparentes da habitação. O procedimento metodológico consiste em: i) caracterização climática das cidades de Manaus, Cuiabá e Florianópolis; ii) caracterização da habitação de interesse social multifamiliar; iii) enquadramento da habitação no nível mínimo de desempenho térmico e iv) análise dos ganhos de calor nos fechamentos opacos e transparentes. Observa-se que a combinação da fachada principal voltada para o Norte e o pavimento da cobertura resulta em condições menos favoráveis, com temperaturas internas mais altas nas três cidades analisadas. Além disso, foram necessárias melhorias na envoltória e na redução da absortância das paredes para atender ao nível mínimo de desempenho, considerando os diferentes climas das cidades estudadas. Conclui-se que os maiores ganhos nos fechamentos opacos foram observados na cobertura, enquanto nos fechamentos translúcidos, foram nas janelas.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Habitação de interesse social. Simulação computacional. Orientação solar. Ganhos de calor.

Abstract

This research investigates the thermal performance of social housing in three Brazilian capitals through computational simulation, aiming to study the less favorable solar orientation and the impact of heat gains on the opaque and transparent enclosures of the housing. The methodological procedure consists of: i) climatic characterization of the cities of Manaus, Cuiabá, and Florianópolis; ii) characterization of the multifamily social housing; iii) framing the housing at the minimum level of thermal performance; and iv) analysis of heat gains in the opaque and transparent enclosures. It is observed that the combination of the north-facing main facade and the roof level results in less favorable conditions, with higher internal temperatures in the three analyzed cities. Additionally, improvements in the envelope and

Como citar:
GUARDA, E. L. A.; MIZGIER, M. O.; HERNANDEZ NETO, A. Desempenho térmico em habitação social multifamiliar: análise dos ganhos de calor nos fechamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

reduction of wall absorptance were required to meet the minimum performance level, considering the different climates of the studied cities. It is concluded that the highest gains in the opaque enclosures were observed in the roof, while in the translucent enclosures, they were in the windows.

Keywords: Thermal performance. Social housing. Computational simulation. Solar orientation. Heat gains.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas induzidas pelo homem têm causado alterações sem precedentes, com projeções de aquecimento global acima de 2°C até 2050 sem medidas de redução de emissões [1]. Eventos climáticos extremos, como ondas de calor com dezenas de milhares de mortes, têm se tornado mais frequentes [2]. Neste contexto, novas condições climáticas impõem novos impactos aos edifícios e cidades, tanto pelo aumento da temperatura média global quanto pelas alterações nas demais variáveis climatológicas. Considerando a vida útil das edificações residenciais entre 50 e 75 anos [3], destaca-se que o desempenho dos edifícios atuais está sendo afetado pelas mudanças climáticas previstas para as próximas décadas.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira [4], o desempenho térmico das edificações está relacionado à capacidade da edificação em manter as condições de conforto térmico, considerando as trocas de calor entre o ambiente interno e externo, bem como as características termofísicas dos materiais que compõem a envoltória. Portanto, o desempenho térmico de uma edificação depende não apenas das características da envoltória, mas também da orientação solar e demais aspectos que influenciam as trocas térmicas entre o ambiente interno e externo.

Nesse contexto, o fechamento opaco transmite a radiação solar na condição de calor para o ambiente. O calor passa quando ocorrem diferenças de temperatura entre os espaços externos e internos, sendo o fluxo de calor transmitido da área mais quente para a mais fria [4]. A transmissão de calor pode ser dividida em três fases: troca de calor com o meio exterior, por convecção e radiação; condução através do fechamento pela diferença de temperatura da superfície externa e interna; e troca de calor com o meio, com trocas térmicas por convecção e radiação. Os fechamentos transparentes, por sua vez, são considerados "todas as superfícies envidraçadas que não possuam proteção solar" [6], ocorrendo as seguintes trocas térmicas: condução, convecção e elevada transmissão de radiação.

Muitos sistemas construtivos são empregados de forma incompatível com a realidade local. Em relação às Habitações de Interesse Social (HIS), diversas pesquisas ressaltam a baixa qualidade ambiental dessas edificações na realidade brasileira [7]. Segundo Marafon et al. [8], o contexto em que essas habitações estão inseridas se caracteriza por políticas públicas que não consideram os aspectos de conforto ambiental das edificações, reproduzindo-as em larga escala sem analisar as diversidades regionais dos locais onde são implantadas. Dessa forma, têm-se edificações com baixo desempenho térmico e, consequentemente, usuários em desconforto térmico. Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar o impacto da orientação solar

menos favorável e dos ganhos de calor nos fechamentos opacos e transparentes da envoltória de Habitações de Interesse Social (HIS) em três capitais brasileiras.

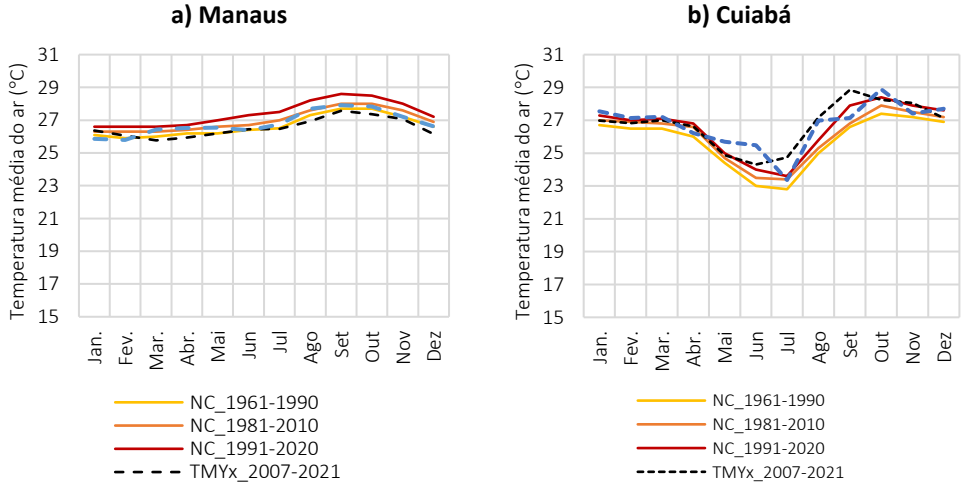
METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DAS CIDADES DE ESTUDO

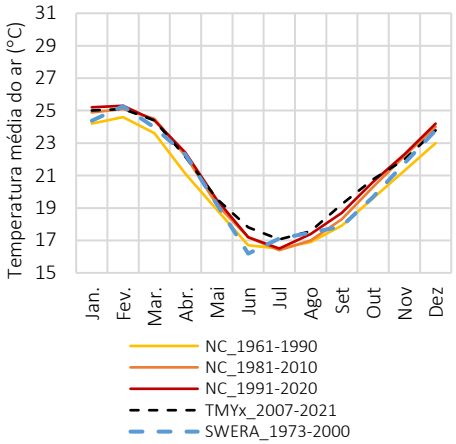
As cidades selecionadas foram três capitais brasileiras, sendo: i) Manaus, localizada na Amazônia, possui clima tropical (Am); ii) Cuiabá, situada no bioma Cerrado, possui clima tropical com estação seca (Aw); e iii) Florianópolis, pertencente ao bioma Mata Atlântica, apresenta clima subtropical úmido (Cfa). A escolha se deu com o intuito de investigar os ganhos de calor nos fechamentos, abrangendo áreas com climas quentes e úmidos, quentes e secos, bem como regiões com clima mais ameno e estações climáticas bem definidas. Assim, analisou-se o perfil e a evolução climática das regiões de estudo, a partir das Normais Climatológicas (NC) fornecidas pelo INMET, referentes aos períodos de 1931-1960, 1961-1990 e 1981-2010, além dos anos "sintéticos" TMYx e SWERA.

Em Manaus, as NC indicam um aumento gradual na média anual de temperatura, passando de 26,7°C (1961-1990) para 27,0°C (1981-2010) e 27,4°C (1991-2020). Os valores do TMYx (26,5°C) e SWERA (26,8°C) são próximos às NC. Em Cuiabá, observa-se um padrão semelhante de aumento gradual nas médias anuais de temperatura, com valores de 25,8°C (1961-1990), 26,1°C (1981-2010) e 26,5°C (1991-2020) nas NC. O TMYx e o SWERA apresentaram médias anuais consistentes de 26,7°C. Em Florianópolis, as NC mostram uma tendência de aquecimento, com médias anuais de 20,4°C (1961-1990), 20,9°C (1981-2010) e 21,1°C (1991-2020). O TMYx (21,2°C) e o SWERA (20,8°C) apresentam valores semelhantes às NC.

Figura 01 - Variação das temperaturas médias anuais nas três cidades de estudo



c) Florianópolis



Fonte: a autora

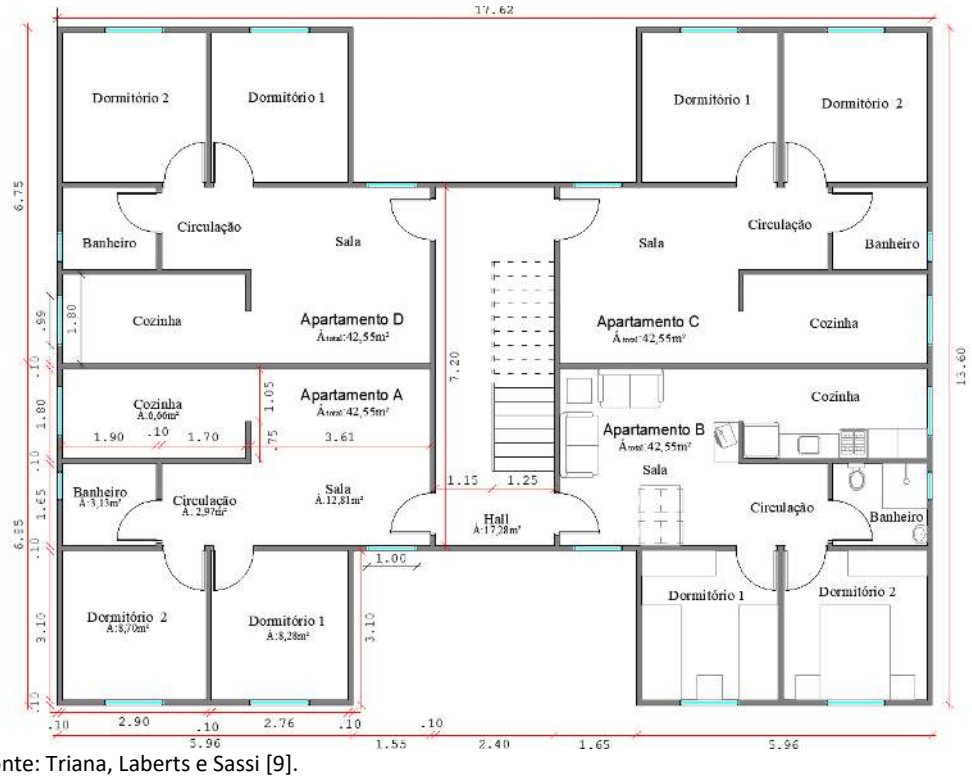
Considerando apenas os dados medidos nas três cidades analisadas, observa-se um aumento de aproximadamente 0,8°C na temperatura média anual em um período de 59 anos, equivalente a 0,13°C por década. Esse fato corrobora as projeções do IPCC, que prevê um aumento de 0,15°C a 0,30°C por década na temperatura média global [1]. A análise desses dados climáticos contribui para a compreensão dos padrões climáticos, identificando tendências e possíveis impactos.

CARACTERIZAÇÃO DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIAR

Esta pesquisa se concentra na Habitação de Interesse Social Multifamiliar (HIS) de apartamentos com planta H para o nível de renda 1. A habitação é composta por quatro pavimentos, sendo o térreo, dois pavimentos intermediários e a cobertura, com quatro apartamentos em cada pavimento. Cada apartamento possui uma área total de 42,55m² e inclui os seguintes ambientes: Dormitório 1 (8,28m²), Dormitório 2 (8,70m²), Banheiro (3,13m²), Cozinha (6,66m²), Sala (12,81m²) e Circulação (2,97m²). O pé-direito do apartamento é de 2,60 metros (Figura 02).

As aberturas da HIS são compostas por estrutura metálica e vidro de 4 mm e são constituídas por duas folhas de correr (uma fixa e uma móvel) nos dormitórios 1 e 2, sala e cozinha. As aberturas da edificação possuem as seguintes características: a sala possui esquadrias de 1,60 x 1,00 m, com área de 1,60 m² e área efetiva de ventilação de 0,70 m², resultando em um fator de ventilação de 45%; a cozinha tem esquadrias de 1,20 x 1,00 m, com área de 1,20 m² e área efetiva de ventilação de 0,54 m², também com fator de ventilação de 45%; os quartos 1 e 2 apresentam esquadrias de 1,20 x 1,20 m, com área de 1,44 m² e área efetiva de ventilação de 0,65 m², ambos com fator de ventilação de 45%. Já as portas são do tipo de madeira, com dimensões de 0,8 x 2,10 m.

Figura 02 – Planta baixa da Habitação de Interesse Social Multifamiliar (HIS)



Fonte: Triana, Laberts e Sassi [9].

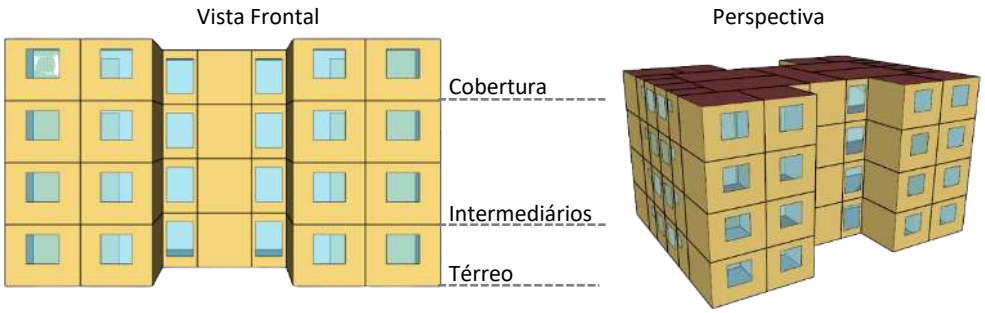
Os fechamentos verticais da HIS são compostos por painéis de concreto (10cm) com absortância de 0,3 e Transmitância (U) e Capacidade Térmica (Ct) de 4,40W/(m².K) e 240kJ/m².K respectivamente. O fechamento horizontal é constituído por telhas de fibrocimento (1cm), ático e laje de concreto (10cm), com absortância de 0,65 e U 2,06W/(m².K) e Ct de 233kJ/m².K. A câmara de ar possui uma resistência térmica de 0,21m^{2}K/W, alta emissividade e espessura superior a 5cm.

As diferentes orientações das edificações influenciam diretamente a quantidade de radiação solar incidente nas fachadas. Além disso, as características dos quatro pavimentos, incluindo o térreo em contato com o solo e a cobertura exposta à radiação, podem resultar em variações significativas nas condições térmicas. Para verificar a orientação mais desfavorável do ponto de vista térmico, foram realizadas quatro simulações computacionais da temperatura interna do ar (Temp,int.) com ventilação natural, posicionando a fachada principal para o norte (0°), sul (180°), leste (90°) e oeste (270°). Os resultados foram expressos em um único valor de temperatura média anual.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E ENQUADRAMENTO DA HABITAÇÃO

As simulações computacionais foram realizadas utilizando o software EnergyPlus, versão 9.1. A modelagem da geometria da edificação foi feita no Plugin Open Studio do software SketchUP, versão 2017. Os ambientes de permanência prolongada foram considerados como zonas térmicas, seguindo a NBR 15.575 [3] para unidades habitacionais multifamiliares, com quatro Unidades Habitacionais (UH) no térreo, quatro UH nos pavimentos intermediários e quatro UH na cobertura, totalizando quatro pavimentos modelados (Figura 03).

Figura 03: Vistas da edificação residencial multifamiliar modeladas por meio do Plugin Open Studio

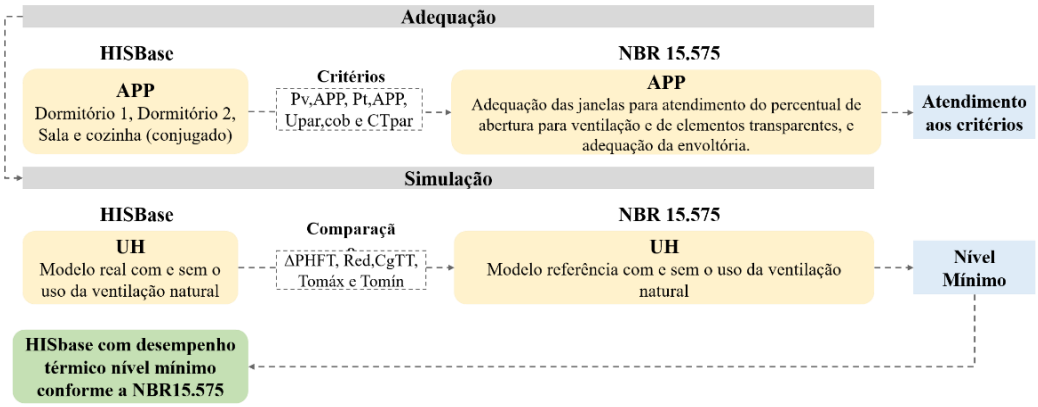


Fonte: a autora.

Os padrões de ocupação, ganhos internos, perfis de ocupação, taxa metabólica, fração radiante dos ocupantes, bem como a densidade de potência instalada (DPI) e a fração radiante visível do sistema de iluminação artificial, foram adotados de acordo com a NBR15.575 [3]. O fluxo de calor entre o piso e o solo é um dos aspectos mais influentes no desempenho térmico da edificação. Nesta pesquisa, utilizou-se o método GroundDomain:FiniteDifference, por considerar as condições do entorno e o procedimento de preenchimento dos inputs no EnergyPlus seguiu o "Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto Ground Domain no programa EnergyPlus" [10].

Para enquadrar no nível mínimo de desempenho térmico, utilizou-se como base o procedimento simplificado da NBR 15.575 [3]. Iniciou-se com a adequação das janelas, a fim de atender ao percentual de abertura para ventilação e aos requisitos de elementos transparentes dos APP, e da envoltória em termos de transmitância e capacidade térmica. Em seguida, utilizou-se o método de simulação computacional como base para atingir o nível mínimo de desempenho térmico. Para obtenção a avaliação do nível de desempenho, utilizou-se a "Planilha de cálculo dos indicadores" [11]. O fluxograma a seguir resume o processo metodológico do enquadramento (Figura 04).

Figura 04: Fluxograma do processo metodológico para enquadramento da HIS



Fonte: a autora (2023)

ANÁLISE DOS GANHOS DE CALOR NOS FECHAMENTOS OPACOS E TRANSPARENTES

A partir das simulações computacionais, foram obtidos os Outputs: Surface Inside Face Temperature e Surface Outside Face Temperature, para os fechamentos opacos, e para os fechamentos transparentes, além dos Outputs acima, foram obtidos os Zone Widowns Total Heat Gain Rate e Zone Widowns Total Heat Loss Rate. A contribuição dos equipamentos, iluminação e ocupantes, foi obtido o valor total por meio do Output: Zone Total Internal Heating Rate. Os resultados foram obtidos para 8.760 horas, considerando os dormitórios 1 e 2, e sala/cozinha (conjugada), expressos em Watts (W).

A partir dos resultados das simulações, calculou-se a densidade de fluxo de calor para os fechamentos opacos (Equação 4 a 6) e para os fechamentos transparentes (Equação 7 e 8). Com o intuito de consolidar os resultados, realizou-se uma soma mensal dos ganhos para cada fechamento, para os períodos diurno (06:00 às 17:00 horas) e noturno (18:00 às 05:00 horas).

$$Q_{condução,parede} = U_{par} \times A_{par} \times (T_{sup,ext} - T_{sup,int}) \quad \text{Equação 1}$$

$$Q_{condução,cobertura} = U_{cob} \times A_{cob} \times (T_{sup,ext} - T_{sup,int}) \quad \text{Equação 2}$$

$$Q_{condução,piso} = U_{piso} \times A_{piso} \times (T_{sup,ext} - T_{sup,int}) \quad \text{Equação 3}$$

$$Q_{condução,vidro} = U_{vidro} \times A_{vidro} \times (T_{sup,ext} - T_{sup,int}) \quad \text{Equação 4}$$

$$Q_{ganho,radiação,vidro} = Q_{conduçãototal,vidro} - Q_{condução,vidro} \quad \text{Equação 5}$$

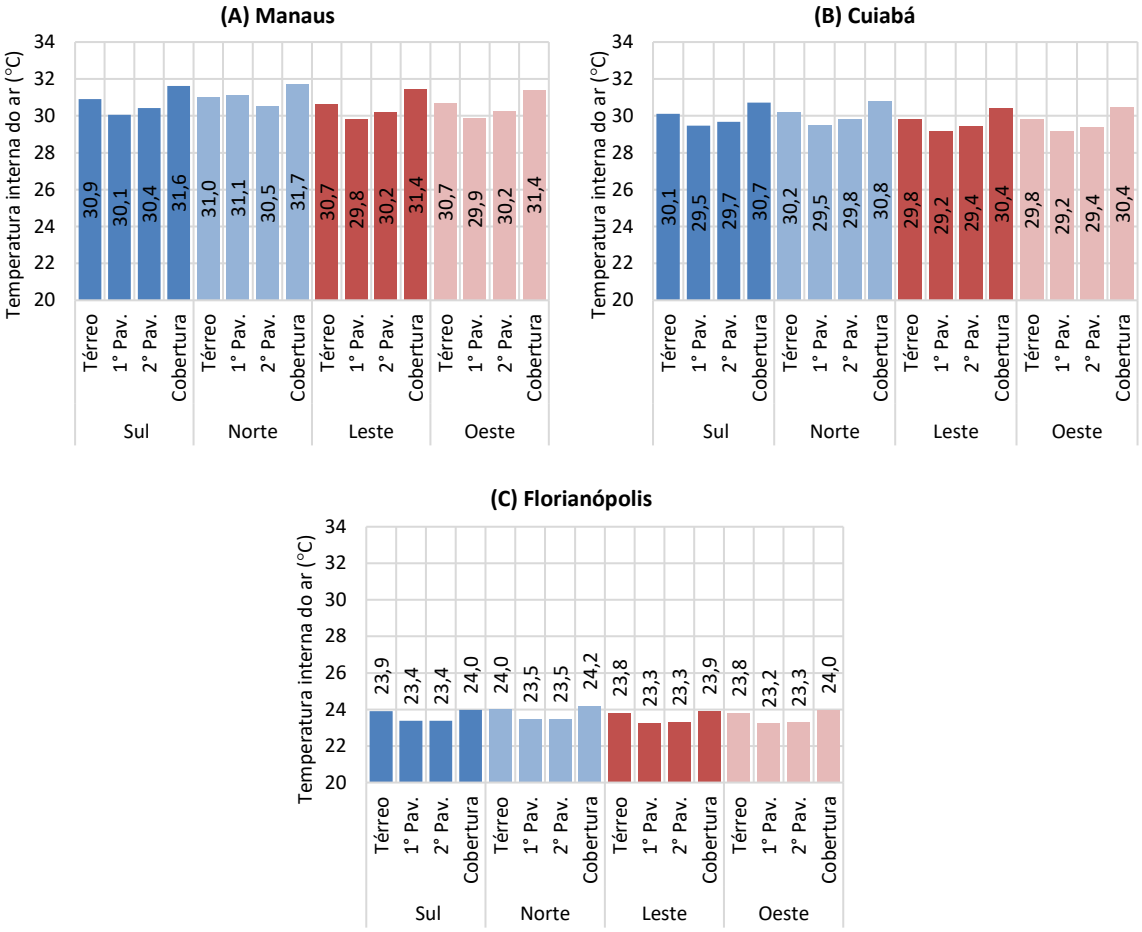
RESULTADOS

DEFINIÇÃO DA ORIENTAÇÃO SOLAR, DO PAVIMENTO E APARTAMENTO

Em Manaus, as fachadas orientadas para leste e oeste apresentam temperaturas internas semelhantes, com uma diferença de aproximadamente 0,01°C no primeiro pavimento. As fachadas voltadas para o norte e sul também apresentaram valores de temperatura semelhantes, mas a fachada norte registra temperaturas mais altas, especialmente na cobertura, atingindo 31,7°C (Figura 05-A).

Em Cuiabá, o padrão é semelhante ao de Manaus, com diferenças de temperatura em torno de 1,0°C entre as cidades. Nas fachadas voltadas para leste e oeste, as temperaturas médias anuais são semelhantes nos diferentes pavimentos. Nas fachadas norte e sul, tanto no térreo quanto na cobertura, as temperaturas médias anuais ultrapassam os 30,0°C (Figura 05-B). Em Florianópolis, as temperaturas médias anuais em todas as fachadas são em torno de 23,8°C, com a fachada norte na cobertura apresentando o valor mais elevado de 24,2°C (Figura 05-C).

Figura 05: Temperaturas internas do ar em média anual por pavimento da HIS



Fonte: a autora.

Os resultados destacam que a fachada principal voltada para o norte e o pavimento da cobertura são os locais mais desfavoráveis em termos de temperatura interna nas HIS. O apartamento A, situado nessas condições, registrou as maiores temperaturas internas médias anuais, atingindo 31,5°C em Manaus, 30,6°C em Cuiabá e 24,3°C em Florianópolis. Os demais apartamentos do mesmo pavimento apresentaram variações mínimas de temperatura, destacando a influência da orientação solar e do pavimento na variação térmica interna das edificações. Esses resultados ressaltam a importância de estratégias de projeto adequadas para mitigar os impactos do clima e garantir condições internas confortáveis.

ADEQUAÇÃO DA HIS AO NÍVEL MÍNIMO DE DESEMPENHO TÉRMICO

Ao verificar o cumprimento dos critérios, constata-se que apenas os dormitórios 1 e 2 atendem ao critério de PV, APP nas ZB1 a ZB7, enquanto a sala e cozinha não estão em conformidade. Na ZB8, nenhum ambiente atende ao critério de percentual de ventilação. No que diz respeito ao Pt, APP, todos os ambientes atendem ao critério, com valores inferiores a ≤ 20%. Dessa forma, as dimensões das aberturas da sala são ajustadas para atender a esse critério nas ZB3 e ZB7, enquanto, na ZB8 (região Norte), as janelas de todos os ambientes são adaptadas para cumprir o critério de Pv, APP (Tabela 02).

Tabela 02: Dimensões originais das aberturas da HISbase e atendimento aos critérios da NBR15.575

	Esquadrias	Sala	Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	
Originais	Dimensões (m)	1,60x1,00	1,20x1,00	1,20x1,20	1,20x1,20	
	Área (m²)	1,60	1,20	1,44	1,44	
	Área efetiva de ventilação (m²)	0,70	0,54	0,65	0,65	
	Fator ventilação (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	
Critérios	P_V,APP	6,7		7,8	8,2	
	Atende (ZB1 a ZB7)?	Não	Não	Sim	Sim	
	Atende (ZB8 - Manaus)?	Não	Não	Não	Não	
	Pt,APP	Sim	Sim	Sim	Sim	
Ajustadas (ZB3 e ZB7)	Dimensões (m)	1,50x1,20		Não foram realizados ajustes		
	Área (m²)	1,80				
	Área efetiva de ventilação (m²)	0,86				
	Fator ventilação (%)	0,45				
Ajustadas (ZB8)	Dimensões (m)	1,50x1,80		1,80x1,20	1,80x1,20	1,80x1,20
	Área (m²)	2,72		2,16	2,16	2,16
	Área efetiva de ventilação (m²)	1,32		1,04	1,04	1,04
	Fator ventilação (%)	0,45		0,45	0,45	0,45

Fonte: a autora.

Visando atender ao nível mínimo de desempenho térmico, foram realizados ajustes nas paredes internas e externas, que passaram a ser compostas por argamassa interna e externa de 2,5cm e bloco cerâmico de 9,0cm, e a cobertura pintou de branco, reduzindo a absortância para 0,3 (Tabela 03). Considerou-se a fachada principal orientada Norte (0°) nas simulações computacionais.

Tabela 03: Adaptação das SVVE da HISbase para atendimento ao nível mínimo de desempenho

	Envoltória	Composição	Esp. (cm)	α	U (W/m².K)	CT (KJ/m².K)
ZB3 ZB7 ZB8	Parede externa/interna	Argamassa interna	2,5	0,30	2,46	150
		Bloco cerâmico	9,0			
		Argamassa interna	2,5			
ZB3 ZB7 ZB8	Cobertura	Telha de Fibrocimento	1,00	0,30	2,06	233
		Laje de concreto	10,00			

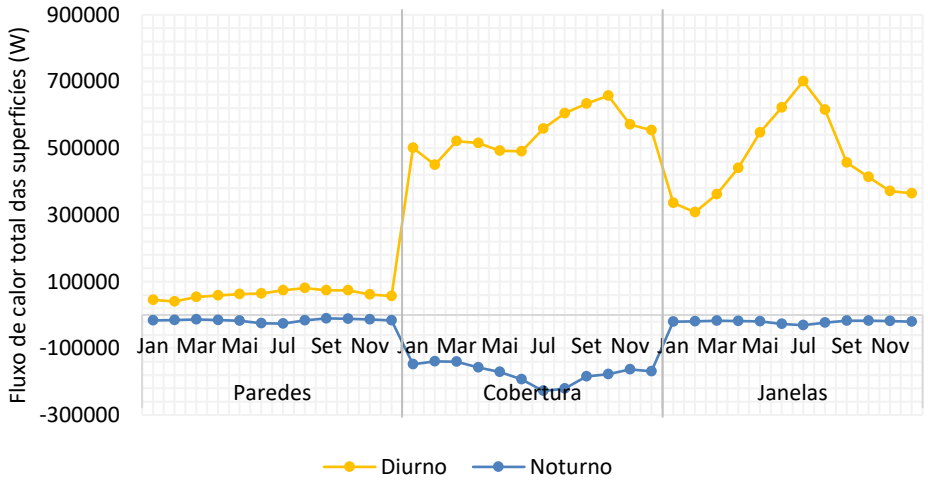
Fonte: a autora.

Em Manaus, todas as Unidades Habitacionais (UH) e pavimentos mantêm a temperatura do ambiente dentro da faixa operativa desejada, com TBSm ≥ 27,0°C. Em Cuiabá, a TBSm entre 25,0°C e 27,0°C é observada na cobertura, enquanto os demais pavimentos atingem o desempenho térmico necessário. Em Florianópolis, a maioria das UH mantém a TBSm < 25,0°C, com exceção do apartamento B no pavimento intermediário, que apresenta algumas horas ocupadas com temperaturas acima de 26,0°C. Além disso, a Tomín da HISbase supera a do modelo de referência em todos os pavimentos, indicando uma melhoria no desempenho térmico das edificações analisadas. Esses resultados ressaltam a eficácia das medidas de adequação implementadas e a conformidade das HIS com os requisitos de desempenho térmico estabelecidos.

GANHOS DE CALOR NOS FECHAMENTOS OPACOS E TRANSPARENTES DA HIS

Em Manaus, os maiores ganhos de calor diurno ocorreram nos fechamentos opacos, principalmente na cobertura, com valores mais elevados de agosto a outubro, atingindo uma média de 631.933W. As janelas também contribuíram significativamente, com altos ganhos de calor por radiação, destacando-se em julho, com 700.630W. Durante o período noturno, houve perdas de calor, sendo a cobertura de -194.285W de agosto a outubro e as janelas de -30.694W em julho. Portanto, os fechamentos opacos representam 4% dos ganhos de calor pelas paredes, 2% pelo piso e 34% pela cobertura, enquanto as janelas contribuem com 40% dos ganhos de calor.

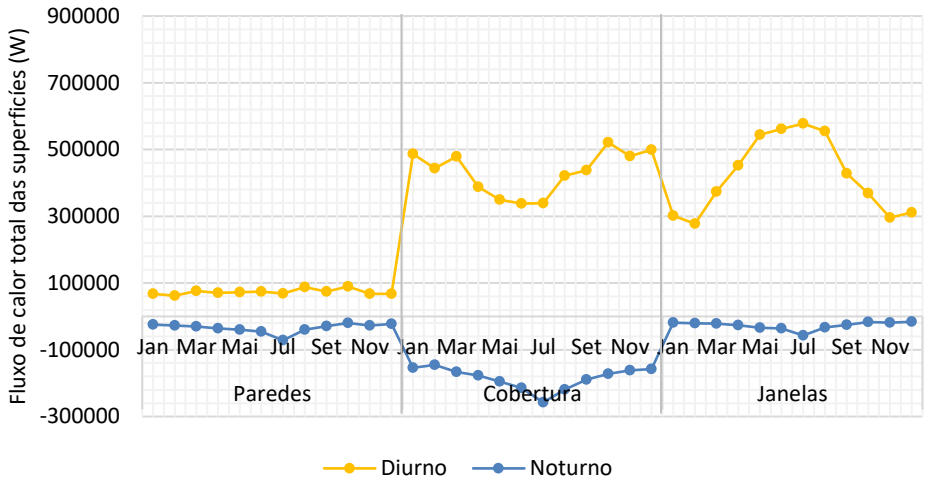
Figura 06: Fluxo de calor total das superfícies da HIS em Manaus



Fonte: a autora.

Em Cuiabá, os ganhos de calor nos fechamentos opacos e translúcidos foram semelhantes aos de Manaus. A cobertura apresentou os maiores ganhos de calor entre outubro e março, com média de 485.313W. As janelas registraram os maiores ganhos por radiação em julho, totalizando 577.587W. Durante os mesmos períodos, houve perdas de calor na cobertura (-159.417W) e nas janelas (-57.449W) durante o período noturno. Assim, os fechamentos opacos representam 4% dos ganhos de calor pelas paredes, 1% pelo piso, 31% pela cobertura, e as janelas contribuem com 42% dos ganhos de calor.

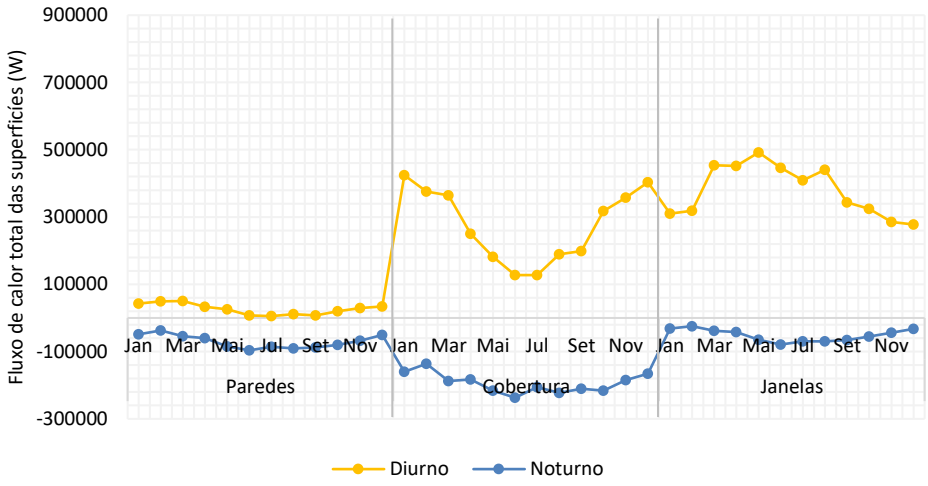
Figura 07: Fluxo de calor total das superfícies da HIS em Cuiabá



Fonte: a autora.

Em Florianópolis, os fechamentos translúcidos tiveram os maiores ganhos de calor de março a maio, com média de 465.770W. Entre os fechamentos opacos, a cobertura apresentou os maiores ganhos de dezembro a fevereiro, com média de 401.251W. Durante o período noturno, houve perdas de calor na cobertura (-153.853W) e nas janelas (-48.593W). Neste contexto, os fechamentos opacos representam 6% dos ganhos de calor pelas paredes, 1% pelo piso, 24% pela cobertura, enquanto as janelas contribuem com 47% dos ganhos de calor.

Figura 08: Fluxo de calor total das superfícies da HIS em Florianópolis



Fonte: a autora.

Com base na análise dos ganhos de calor nas cidades de estudo, observa-se a influência significativa dos fechamentos opacos e translúcidos na dinâmica térmica das edificações. Os resultados apontam para a cobertura como uma fonte predominante de ganho de calor em todas as cidades, com variações sazonais significativas. Além disso, as janelas se destacaram como elementos que contribuem de forma expressiva para o ganho de calor.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos ganhos de calor e da influência dos fechamentos opacos e translúcidos na HIS em Manaus, Cuiabá e Florianópolis, observou-se que a orientação da fachada principal para o norte combinada com o pavimento da cobertura resultou em condições termicamente desfavoráveis, com temperaturas internas mais elevadas nas três cidades estudadas. A adequação das janelas, com aberturas maiores em determinados ambientes, foi essencial para simulações precisas das condições internas das habitações. Foi necessário aprimorar a envoltória e reduzir a absortância das paredes para atender aos requisitos mínimos de desempenho térmico, considerando as características climáticas específicas de cada cidade.

Por fim, os fechamentos opacos representam uma parcela significativa dos ganhos de calor, com destaque para a cobertura, enquanto as janelas desempenham um papel relevante na transferência de calor. A análise evidencia a importância da implementação de estratégias passivas de projeto, como controle solar e melhorias na cobertura, para promover o desempenho térmico e a eficiência energética, para garantir o conforto térmico dos ocupantes e reduzir os impactos da vulnerabilidade climática nas HIS em diferentes climas.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2021.

[2] GRIGOLETTI, G. de C. **Método de Avaliação de Desempenho Higrotérmico de Habitações Térreas Unifamiliares de Interesse Social para Porto Alegre** – RS. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

[3] IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido; Nova Iorque, Estados Unidos: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf. Acesso em: 3 maio 2023.

[4] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. São Paulo: ProLivros, 2014.

[5] LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE). **Planilha de cálculo dos indicadores da NBR 15575**. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/pt-br/NBR15575-2020. Acesso em: 19 maio 2024.

[6] MARAFON, C. et al. **Estratégias bioclimáticas em avaliação de desempenho térmico nas habitações de interesse social em Sinop/MT**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 3, p. 1008-1021, 2014.

[7] MAZZAFERRO, L. et al. **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do pré-processador SLAB no programa EnergyPlus**. Florianópolis: LABEEE, 2013. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/

[8] MORAIS, J. M. da S. C.; LABAKI, L. C. **CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do "Programa Minha Casa, Minha Vida"**. Ambiente Construído, v. 17, n. 1, p. 223-244, jan./mar. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100133.

[9] TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. **Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures**. Energy and Buildings, v. 158, p. 1379–1392, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.003.

[10] WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **2021 one of the seven warmest years on record. WMO consolidated data shows**. 2022. Disponível em: https://public.wmo.int/en/media/press-release/2021-one-of-seven-warmest-years-record-wmo-consolidated-data-shows. Acesso em: 3 maio 2023.