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

Impactos das Mudanças Climáticas em uma Habitação de Interesse Social em Cuiabá-MT

Impacts of Climate Change on a Social Housing in Cuiabá-MT

Emeli Lalesca Aparecida da Guarda
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul | Navirai | Brasil | emeliguarda@gmail.com
Renata Mansuelo Alves Domingos
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | mansuelo.alves@gmail.com
João Carlos Machado Sanches
Universidade do Estado do Mato Grosso | Barra do Bugres | Brasil | joao.sanches@unemat.br

Resumo

Pensar nas consequências dos impactos das mudanças climáticas tem ganhado importância mundial, inclusive no ambiente construído quando atrelado as condições de conforto térmico dos usuários e ao consumo energético para resfriamento. Este estudo aborda os efeitos do cenário de emissões SSP5-8.5 nas condições de conforto térmico e no consumo energético para resfriamento em habitações de interesse social em Cuiabá-MT, considerando diferentes tipos de isolamento térmico. Os resultados revelam um aumento notável nas temperaturas médias anuais, com elevações de +2,45°C em 2050 e +4,81°C em 2080 em relação ao período histórico. Houve um significativo aumento nas horas de desconforto por calor em todas as tipologias de habitação estudadas, especialmente no quarto 1, onde o desconforto por calor aumentou de 1% para 53% em 2080. O consumo energético para resfriamento também aumentou, com a HISbase registrando um aumento de +32% em 2050 e +50% em 2080, enquanto a HISrocha e a HISeps apresentaram uma discrepância crescente em seus consumos. Esses resultados destacam a importância de estratégias construtivas que considerem os impactos das mudanças climáticas para garantir ambientes mais confortáveis e eficientes em termos energéticos.

Palavras-chave: Simulação Energética. Conforto Térmico. Consumo Energético. Estratégias de Mitigação. Projeções Climáticas.

Abstract

Considering the consequences of climate change impacts has gained worldwide importance, including in the built environment when linked to users' thermal comfort conditions and energy consumption for cooling. This study addresses the effects of the SSP5-8.5 emissions scenario on thermal comfort conditions and cooling energy consumption in social housing in Cuiabá-MT,

Como citar:
GUARDA, E. L. A., DOMINGOS, R. M. A., SANCHES, J. C. M. Impactos das Mudanças Climáticas em uma Habitação de Interesse Social em Cuiabá-MT. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

considering different types of thermal insulation. The results reveal a notable increase in average annual temperatures, with elevations of +2.45°C in 2050 and +4.81°C in 2080 compared to the historical period. There was a significant increase in hours of heat discomfort in all housing typologies studied, especially in room 1, where heat discomfort increased from 1% to 53% in 2080. Cooling energy consumption also increased, with HISbase registering a +32% increase in 2050 and +50% in 2080, while HISrocha and HISeps showed a growing discrepancy in their consumption. These results underscore the importance of constructive strategies that consider the impacts of climate change to ensure more comfortable and energy-efficient environments.

Keywords: Global Warming, Thermal Comfort, Energy Consumption, Mitigation Strategies, Built Environment

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas antropogênicas têm provocado alterações sem precedentes no sistema terrestre [1]. As novas condições climáticas impõem impactos significativos sobre edifícios e cidades, tanto pelo aumento da temperatura média global quanto pelas mudanças nas demais variáveis climatológicas. Considerando que a vida útil das edificações corresponde a uma escala temporal na qual ocorrerão mudanças climáticas substanciais, é imperativo que os edifícios contemporâneos sejam projetados para serem resilientes no futuro. Portanto, adquirir conhecimento sobre as mudanças climáticas futuras, motivadas pelas ações humanas e baseadas nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), é um ponto de partida essencial para estudos de resiliência e impacto das mudanças climáticas nas edificações.

Andríc, Koc e Al-Ghamdi [2] destacam que o ambiente construído está sujeito às mudanças climáticas e pode ser categorizado em quatro áreas principais: impactos estruturais (catástrofes ambientais), construção civil (deterioração dos sistemas), materiais (redução do desempenho) e condições internas e energia (temperaturas e umidade internas). Sun, Specian e Hong [3] ressaltam que a vulnerabilidade está diretamente relacionada às famílias de baixa renda, que não têm acesso à infraestrutura básica, como energia e poder de compra, resultando em uma baixa capacidade de enfrentar as mudanças climáticas.

É evidente que as mudanças climáticas afetam as temperaturas internas das edificações, aumentando o risco de superaquecimento e a exposição dos ocupantes ao estresse térmico, tornando as condições internas hostis. Consequentemente, esse cenário implica em um aumento do consumo de energia para climatização. Assim, a adoção de diretrizes que consideram as relações entre o clima e os seres humanos torna-se um importante instrumento para definir habitações adequadas às condições de conforto térmico [4].

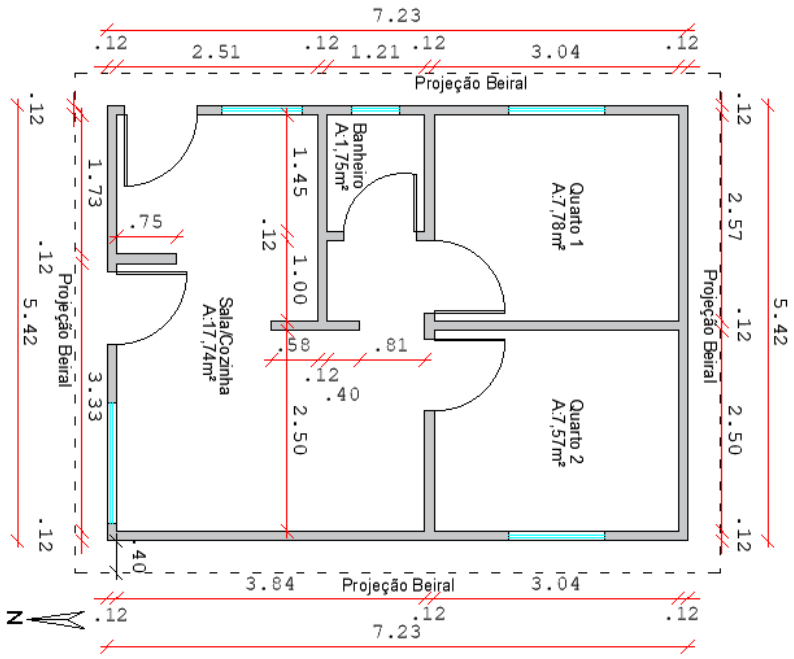
Em regiões de climas quentes, como o cerrado brasileiro, essa questão ganha ainda mais relevância, pois é necessária uma contramedida eficaz para reduzir a carga de resfriamento dos edifícios. As altas temperaturas aumentam a demanda por ar-condicionado, resultando em um consumo significativo de energia. Desta forma, o objetivo geral deste estudo é analisar os efeitos das mudanças climáticas nas condições de conforto térmico e consumo energético das edificações, considerando diferentes isolantes na envoltória, frente às mudanças climáticas no cerrado brasileiro. O cenário considerado é o SSP5-8.5 do Sexto Relatório (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [1].

METODOLOGIA

DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO – HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL UNIFAMILIAR

O objeto de estudo trata-se de uma habitação de interesse social unifamiliar (HIS), intitulada como "HISbase", localizada na cidade de Cuiabá – MT, com uma área total de 39,18m², contendo a Sala/Cozinha (17,44m²), Quarto 1 (7,78m²), Quarto 2 (7,57m²) e Banheiro (1,75m²) (Figura 1). A HIS possui telhado de duas águas com beirais de 30 cm e pé-direito de 3,00m.

Figura 1: Objeto de estudo – Habitação de Interesse Social (HIS)



Fonte: Os autores

As janelas dos quartos e da sala/cozinha são de caixilhos metálicos, tipo veneziana com vidro sendo dois fixos e dois móveis. Suas dimensões são 1,50 x 1,10 m (sala), 1,20 x 1,10 m (Quartos 1 e 2) e 1,20 x 1,10 m (cozinha). As portas externas são em chapa metálica e as portas internas são em madeira. As propriedades termofísicas dos fechamentos verticais e horizontais foram definidos conforme a NBR 15.220 [5], conforme apresentado na Tabela 1. A resistência térmica da câmara de ar é de 0,21 m²K/W, alta emissividade, espessura superior a 5 cm.

Tabela 1: Propriedades termofísicas da HISbase

	Envoltória		Espessura (cm)	R (m²K/W)	U (W/m²K)	C (J/m²K)
HISbase	Parede externa 	Argamassa externa	2.50	0.2991	3.34	166.87
		Tijolo cerâmico	9.00			
		Argamassa interna	2.50			
	Telhado 	Telha cerâmica	2.00	0.4795	2.08	41.92
		Forro em PVC	1.00			

Fonte: Os autores

Propostas de intervenções construtivas foram inseridas na HISbase, com o objetivo de analisar os efeitos das mudanças climáticas nas horas de conforto térmico e no consumo energético, utilizando diferentes isolantes nas paredes externas. Considerando que as paredes externas recebem diretamente a radiação solar direta e são componentes construtivos importantes no consumo de energia das habitações, foram propostas as seguintes intervenções: Poliestireno Expandido (EPS) (HISeps) e lã de rocha (HISrocha) (Tabela 2). Deve-se notar que a resistência térmica das tipologias é de 0,21 m²K/W, alta emissividade, espessura superior a 5 cm.

Tabela 2: Propriedades térmicas das intervenções construtivas (isolamento térmico) nas tipologias

Tipologias	Envoltória		Espessura (cm)	R (m²K/W)	U (W/m²K)
HISeps	Paredes externas 	EPS	2.50	0.909	1.10
HISrocha		Lã de Rocha	2.50	0.840	1.19

Fonte: Os autores

ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS

O método de Morphing tem sido empregado para transformar matematicamente o clima atual em climas futuros, considerando cenários de mudança climática [6]. A ferramenta Future Weather Generator utiliza a metodologia de Morphing para fazer projeções climáticas, ilustrando mudanças mensais em variáveis climáticas. Esta ferramenta é baseada no modelo GCM EC-Earth3, o qual faz parte do projeto CMIP6 e serve como base para o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [1].

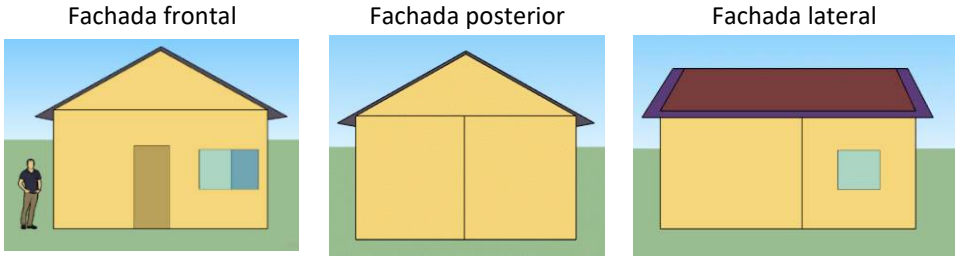
A ferramenta utiliza um período climático base para as projeções de 1985 a 2014 e gera arquivos climáticos futuros para 2050 (período de 2036-2065) e 2080 (período de 2066-2095) para os cenários de emissão SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5. Os resultados da ferramenta são arquivos climáticos futuros no formato EPW, amplamente utilizado em simulações de desempenho térmico e energético de edifícios e cidades. Além disso, a ferramenta foi desenvolvida na linguagem de programação Java, e seu código-fonte está disponível gratuitamente sob a licença Creative Commons Attribution 4.0 Share-Alike [7]. Para tornar seu uso mais acessível para simuladores e designers, os autores criaram uma interface gráfica que permite a inserção de arquivos climáticos históricos e, consequentemente, a geração de cenários climáticos futuros.

Nesta pesquisa, utilizou-se o cenário SSP5-8.5, intitulado como "pessimista" pelo AR6 [1], para as projeções de 2050 e 2080. Os arquivos climáticos base para as cidades consistem na Avaliação de Recursos de Energia Solar e Eólica (SWERA) devido ao seu melhor alinhamento com o período histórico usado como base para as projeções, conforme indicado na documentação da ferramenta.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

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 [8] para unidades habitacionais unifamiliares. As paredes, o telhado e as aberturas externas foram previamente configurados como superfícies expostas ao sol e ao vento, enquanto as paredes e aberturas internas foram configuradas sem exposição. Os beirais foram representados no modelo por uma superfície, caracterizando sombreamento das paredes externas (Figura 02).

Figura 02: Vistas da edificação residencial multifamiliar modeladas por meio do Plugin Open Studio



Fonte: Os autores

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 [8]. 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" [9].

CONDIÇÕES DE CONFORTO ADAPTATIVO CONFORME DE DEAR E BRAGER (1998)

A ASHRAE Standard 55 [10] apresenta o índice de conforto térmico adaptativo propostos por De Dear e Brager [11]. O método é aplicado a edifícios naturalmente ventilados, considerando a ocupação e as fontes internas de calor. Os níveis de conforto são estabelecidos pela “temperatura operativa interna ideal” ou pela “temperatura neutra mensal” (Tn, em °C) relacionada às médias mensais da temperatura externa (TEmed, em °C), conforme a Equação 01. Ressalta-se que a equação é válida para TEmed entre 10,0°C e 33,5°C.

$$Tn = 17.8 + 0.31 \times TEmed \qquad \text{Equação 01}$$

Após determinar a temperatura neutra, a ASHRAE Standard 55 [10] estabelece uma faixa de temperatura de conforto para 80% ou 90% dos usuários satisfeitos. As faixas são determinadas pelos limites superior e inferior dados por Tn+Tolerância e Tn-Tolerância, respectivamente, sendo a temperatura operativa interna (Top),

representando o intervalo para 80% dos usuários satisfeitos de Tn-3,5 e Tn+3,5 e para 90% dos usuários satisfeitos de Tn-2,5 e Tn+2,5.

Com as temperaturas operativas internas ideais mensais, é possível quantificar as horas de desconforto por calor ou frio e o conforto térmico dentro do edifício, para o cenário atual e projeções climáticas futuras. Portanto, este estudo considerou a faixa de 90% dos usuários satisfeitos, assim como Tateoka e Duarte [12].

ESTIMATIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO DE RESFRIMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

A estimativa do consumo energético de resfriamento do sistema de ar-condicionado foi baseada no método de simulação da tipologia na condição condicionada artificialmente da NBR 15.575 [8]. O método apresenta que o sistema de resfriamento deve ser acionado nos períodos de ocupação dos ambientes de permanência prolongada. Portanto, considerou-se nesta pesquisa o perfil de operação do sistema de ar-condicionado, conforme a ocupação dos dormitórios 1 e 2.

O sistema de ar-condicionado utilizado nos APP das tipologias é do tipo split, com coeficiente de performance de 3,0, sendo modelado no input: HVACTemplate:System:Unitary. Os termostatos utilizados foi de 23,0°C para resfriamento, conforme a NBR 15.575 [8]. Ressalta-se que o sistema utilizado não se trata de um modelo inverter de Split. Além disso, foram considerados o consumo energético de iluminação e equipamentos conforme densidades de potência estabelecidos conforme a NBR 15.575 [8], ambos descritos no estudo piloto desta pesquisa. Os resultados foram quantificados em kWh/ano de cada tipologia analisada, considerando o consumo do sistema de ar-condicionado, para o período histórico e 2050 e 2080.

RESULTADOS

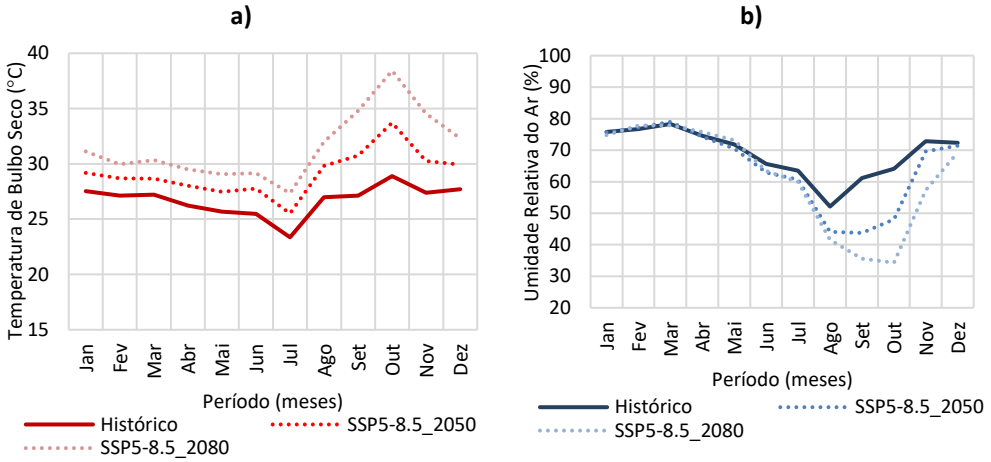
PROJEÇÕES FUTURAS DA TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR

Após a utilização da ferramenta Future Weather Generator, os dados climáticos foram obtidos para Cuiabá-MT, referentes aos períodos histórico, 2050 e 2080.

Observa-se um aumento nas temperaturas médias anuais, de +2,45°C em 2050 e +4,81°C em 2080, em comparação com o período histórico de 26,73°C. o mês caracterizado mais quente no período histórico e nos cenários futuros também é outubro, com uma média mensal de 28,89°C, aumentando para 33,72°C (+4,83°C) em 2050 e para 38,42°C (+9,53°C) em 2080, enquanto julho apresenta temperaturas mais amenas em Cuiabá, com médias mensais de 23,36°C no período histórico, 25,52°C em 2050 e 27,35°C em 2080 (Figura 03-A). Houve uma redução na umidade relativa média anual ao longo do tempo, sendo de 69,08% no período histórico e de 61,74% (-7,34%) em 2080 (Figura 03-B).

Essas mudanças no clima podem resultar em impactos negativos nas horas em conforto dos ocupantes das edificações, aumentando o estresse térmico e consumo energético para resfriamento.

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



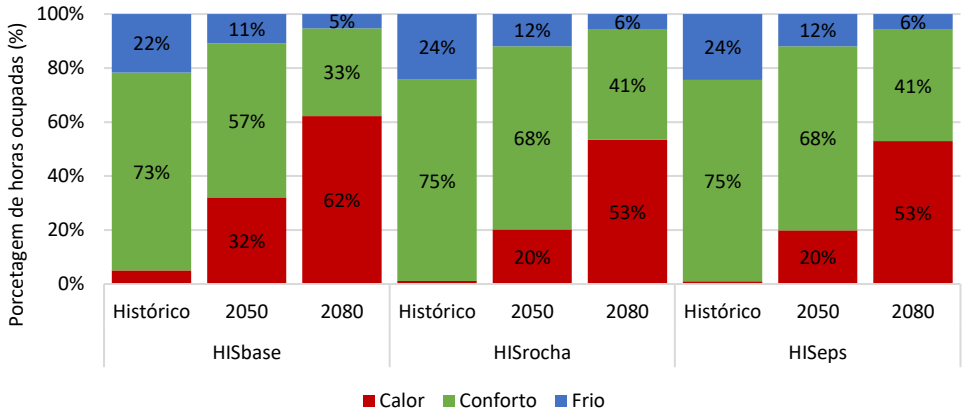
Fonte: Os autores

AVALIAÇÃO DAS HORAS DE CONFORTO E DESCONFORTO DA HISBASE, HISEPS E HISROCHA

A avaliação das condições de conforto e desconforto no interior dos ambientes de permanência prolongada baseou-se na metodologia de De Dear e Brager [11], considerando apenas as horas de ocupação, sendo 3.650 horas anuais nos quartos e 2.920 horas anuais na sala/cozinha. Destaca-se que o limite adotado para as análises foi de 90% dos usuários satisfeitos, com tn = 26,58°C, limite superior (+2,5) = 29,08°C e limite inferior (-2,5) = 24,08°C. Esses valores foram utilizados como limites tanto no período histórico quanto nos cenários futuros.

No quarto 1, a HISbase apresentou aumento nas horas ocupadas em desconforto por calor em +57% e reduziu as horas em conforto em -41% em 2080 em relação ao período histórico (Figura 04). Ao adotar o isolamento térmico nas paredes externas, os isolantes lã de rocha e EPS apresentaram desempenho semelhante nas condições de conforto térmico. No período histórico, as tipologias HISrocha e HISeps apresentaram 75% das horas em situação de conforto, 24% em desconforto por frio e apenas 1% em desconforto por calor. No entanto, com os efeitos das mudanças climáticas, o conforto reduz para 68% e 41% em 2050 e 2080, respectivamente, enquanto o desconforto por calor aumenta para 20% e 53%, respectivamente, no quarto 1.

Figura 04: Porcentagem de horas ocupadas em conforto e desconforto do quarto 1

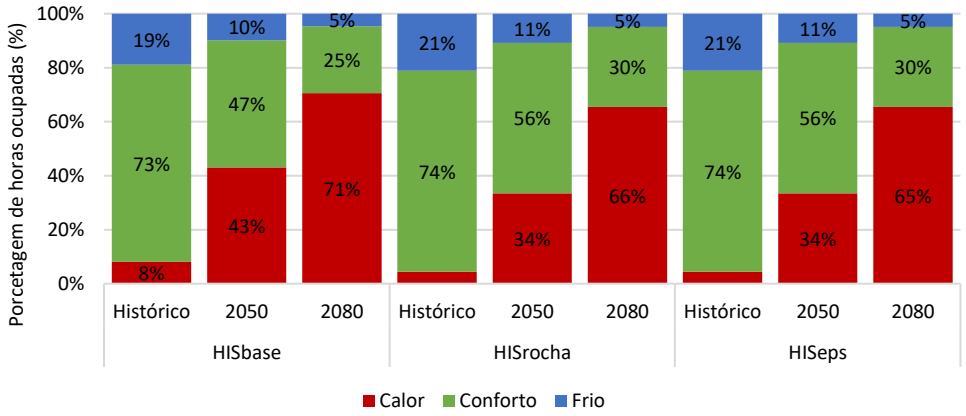


Fonte: Os autores

O quarto 2, que possui paredes expostas às condições externas sul e oeste (janela), demonstra maiores horas anuais ocupadas em desconforto por calor em comparação ao quarto 1. No período histórico, a HISbase apresenta 8% das horas ocupadas em desconforto por calor, aumentando para 71% em 2080, representando um aumento de cerca de +63%. As horas de conforto térmico correspondem a 73% no período histórico, reduzindo para 47% em 2050 e 25% em 2080 (Figura 05). O quarto 2 apresenta uma diferença nas horas de conforto térmico de -10% e -8% em comparação ao quarto 1.

As tipologias HISrocha e HISeps também apresentam comportamento semelhante em todas as projeções analisadas. No período histórico, 2050 e 2080, observa-se uma melhoria das condições de conforto em +1%, +9% e +5% das horas no quarto 2, respectivamente. No entanto, as horas de desconforto por calor aumentam gradativamente, sendo de 4% no período histórico e aumentando para 66% em 2080 (Figura 05).

Figura 05: Porcentagem de horas ocupadas em conforto e desconforto do quarto 2



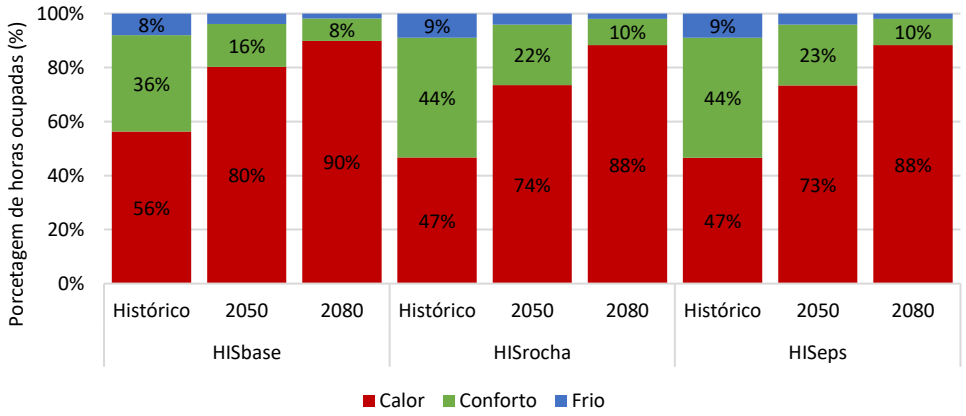
Fonte: Os autores

Na sala/cozinha apresenta maiores horas em desconforto por calor em comparação aos demais ambientes analisados. No período histórico, as horas anuais ocupadas em desconforto por calor são de 56%, aumentando para 80% em 2050 e 90% em 2080.

Isso significa que, com os impactos das mudanças climáticas no futuro, praticamente em todas as horas os ocupantes estarão suscetíveis ao desconforto por calor na sala/cozinha (Figura 06).

Considerando o isolamento térmico nas paredes externas, esse desconforto por calor reduz. Nas tipologias HISrocha e HISeps, no período histórico, o desconforto por calor é de 47%, aumentando em +27% em 2050 e 42% em 2080. Em consequência, as horas de conforto térmico aumentam nessas tipologias, sendo de 44% no período histórico, de 22% em 2050 e 10% em 2080.

Figura 06: Porcentagem de horas ocupadas em conforto e desconforto do quarto 2



Fonte: Os autores

Por fim, observa-se que, com a aplicação de isolamento térmico nas paredes externas, houve um aumento nas horas de conforto térmico no interior dos ambientes da HIS. No entanto, mesmo com o uso de isolamento, as horas de desconforto por calor aumentam consideravelmente devido ao impacto das mudanças climáticas. Além disso, destaca-se que os quartos 1 e 2 apresentaram diferenças nas horas de conforto térmico, o que pode ser justificado pela localização geográfica das paredes externas. A parede externa do quarto 2 está voltada para o norte e oeste, enquanto a sala/cozinha apresenta uma área maior e três paredes expostas às condições externas.

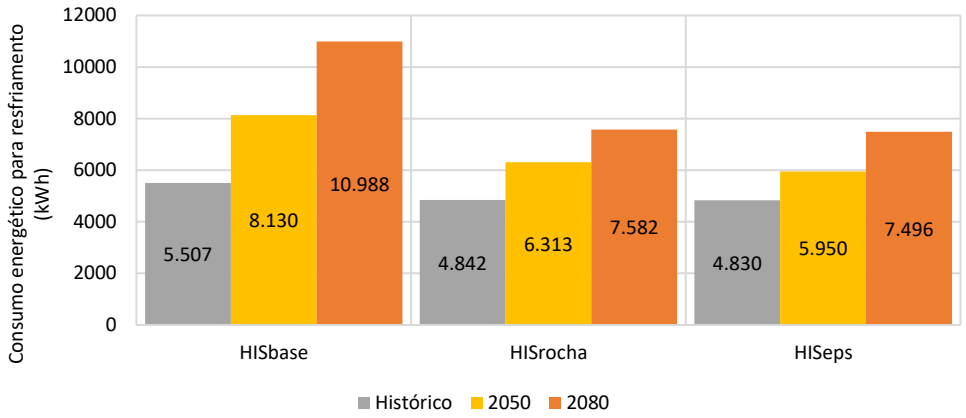
ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO PERÍODO HISTÓRICO E FUTUROS (2050 E 2080)

A estimativa do consumo de energia elétrica das habitações levou em consideração apenas as horas de ocupação, totalizando 3.650 horas anuais nos quartos e 2.920 horas anuais na sala/cozinha. Destaca-se que o consumo energético da iluminação e dos equipamentos permaneceu constante para todos os períodos analisados, sendo de 341 kWh e 353 kWh, respectivamente. Portanto, a análise concentrou-se exclusivamente no consumo do sistema de ar-condicionado.

Observou-se que a HISbase apresentou maior consumo energético para resfriamento em todos os períodos em comparação com as demais tipologias, indicando que a implementação do isolamento térmico nas paredes externas pode ser eficaz para reduzir o consumo energético para resfriamento em Cuiabá. No período histórico, a

HISbase registrou um consumo energético para resfriamento de 5.507 kWh, aumentando em +32% em 2050 e +50% em 2080 (Figura 07).

Figura 07: Porcentagem de horas ocupadas em conforto e desconforto do quarto 2



Fonte: Os autores

A HISrocha e a HISeps apresentaram consumos semelhantes no período histórico, diferenciando-se apenas por 12 kWh. No entanto, essa diferença aumenta para 363 kWh no período de 2050 e para 86 kWh em 2080 (Figura 07). Em comparação com a HISbase, a implementação do isolamento térmico nas paredes externas resulta em uma redução do consumo energético em -14% no período histórico, -29% em 2050 e -45% em 2080. Além disso, o consumo nessas tipologias não ultrapassa 7.600 kWh anuais, enquanto a HISbase registra um consumo anual superior a 10.000 kWh.

CONCLUSÕES

Em Cuiabá-MT, é evidente um aumento nas temperaturas médias anuais, registrando um acréscimo de +4,81°C em 2080 em comparação com o período histórico. Este aumento de temperatura, combinado com a redução da umidade relativa do ar, pode ter impactos negativos nas condições de conforto térmico dos ocupantes das habitações.

A implementação de isolamento térmico nas paredes externas pode mitigar parcialmente os efeitos adversos do aumento das temperaturas. Embora tenha havido um aumento nas horas de conforto térmico com o isolamento, as horas de desconforto por calor também aumentaram consideravelmente devido às mudanças climáticas. O quarto 2, em particular, demonstrou uma tendência a maiores horas de desconforto por calor. Em relação ao consumo de energia elétrica, a implementação do isolamento nas paredes externas mostrou-se eficaz na redução do consumo para resfriamento, com reduções significativas observadas nas tipologias HISrocha e HISeps em comparação com a HISbase. No entanto, destaca-se a importância do isolamento térmico como estratégia para melhoria das condições de conforto térmico e redução do consumo de energia nas habitações, principalmente em regiões de climas quentes.

REFERÊNCIAS

[1] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: **Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2022. Available at: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/. Accessed on: April 24, 2023.

[2] ANDRÍC. I.; KOC. M.; AL-GHAMDI. S. G. A review of climate change implications for built environment: Impacts. mitigation measures and associated challenges in developed and developing countries. **Journal of Cleaner Production**. v. 211. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.128

[3] SUN. K.; SPECIAN. M.; HONG. T.. Nexus of thermal resilience and energy efficiency in buildings: A case study of a nursing home. **Building and Environment**. v. 177. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106842

[4] BAREA. G.; MERCADO. V.; FILIPPÍN. C.; MONTEOLIVA. J. M.; VILLALBA. A.. New paradigms in bioclimatic design toward climatic change in arid environment. **Energy and Buildings**. v. 266. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112100

[5] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações**. 2003.

[6] BELCHER, S. E.; HACKER, J. N.; POWELL, D. S. Constructing design weather data for future climates. Building Services **Engineering Research & Technology**, v. 26. 2005. https://doi.org/10.1191/0143624405bt112oa

[7] RODRIGUES, E.; FERNANDES, M. S.; CARVALHO, D. Future weather generator for building performance research: An open-source morphing tool and an application. **Building and Environment**, v. 233. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110104

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

[9] MAZZAFERRO, L., SORGATO, M. J., VERSAGE, R., MELO, A. P., & LAMBERTS, R. **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do pré-processador SLAB no programa EnergyPlus**. 2013.

[10] ASHRAE - American Society of Heating. **Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Standard 55 – Thermal Environmental Conditions forHuman Occupancy**. 2020. Disponível em: https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy. Acesso em: 03 mai. 2023

[11] DE DEAR. Richard; BRAGER. Gail; COOPER. D. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. **ASHRAE Transactions**. v.104. 1998. Disponível em: https://escholarship.org/uc/item/4qq2p9c6. Acesso em: 02 mai. 2023

[12] TATEOKA, S. S; DUARTE, D. H. Adaptação às mudanças climáticas: desafios para requalificação de edifícios existentes em São Paulo. In: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiental Construído**. Balneário Camboriú, 2017.