



ACEITABILIDADE TÉRMICA DE INDIVÍDUOS QUE VIVEM EM VULNERABILIDADE HABITACIONAL: ESTUDO DE CASO EM PASSO FUNDO/RS – BRASIL

Thaíse Sebben¹ Eduardo Grala da Cunha² Thaísa Leal da Silva³

Resumo

Objetivo: Esta pesquisa tem por objetivo investigar e discutir as condições térmicas de uma moradia provisória e as percepções dos moradores quanto ao ambiente térmico.

Metodologia: Caracteriza-se como uma pesquisa empírica, de natureza qualitativa, do tipo exploratória sobre um estudo de caso definido por conveniência. Os determinantes de avaliação térmica estão baseados na American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE 55, 2020).

Originalidade/Relevância: As normativas de conforto térmico consideram somente edificações regulares e permanentes. Este estudo avalia as condições térmicas de uma moradia provisória em precariedade construtiva, inserida em região de clima subtropical, com baixas temperaturas no inverno.

Resultados: As condições térmicas do ambiente interno estão atreladas às variações de temperatura externa e os limites de aceitabilidade térmica dos moradores tendem a ser maiores do que os parâmetros previstos em normativas de conforto térmico adaptativo.

Contribuições: Trata-se de um estudo piloto sobre as condições térmicas de moradias provisórias no sul do país, demonstrando que indivíduos que vivem neste tipo de moradia tendem a ter maior aceitabilidade térmica para o frio em relação aos parâmetros normativos de conforto térmico, enquanto o desempenho térmico da habitação segue as mudanças microclimáticas do ambiente exterior.

Palavras-chave: conforto térmico, aceitabilidade térmica, moradia provisória, vulnerabilidade habitacional.

Cite as - American Psychological Association (APA)

Sebben, T., Cunha, E. G., & Silva, T. L. (2023). Aceitabilidade térmica de indivíduos que vivem em vulnerabilidade habitacional: estudo de caso em Passo Fundo/RS – Brasil. *J. Environ. Manag. & Sust.*, 12(1), 1-25, e23546. <https://doi.org/10.5585/2023.23546>

¹ ATITUS Educação. Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Passo Fundo, RS – Brasil. thaisesebben@gmail.com – Contato principal para correspondência.

² Universidade Federal de Pelotas. Pós-Doutor em Arquitetura e Urbanismo. Pelotas, RS – Brasil. eduardogralacunha@yahoo.com.br

³ ATITUS Educação. Doutora em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Passo Fundo, RS – Brasil. thaisa.silva@atitrus.edu.br





THERMAL ACCEPTABILITY OF INDIVIDUALS LIVING IN HOUSING VULNERABILITY: A CASE STUDY IN PASSO FUNDO/RS – BRAZIL

Abstract

Objective: This research aims to investigate and discuss the thermal conditions of a temporary dwelling and the residents' perceptions regarding the thermal environment.

Methodology: It is characterized as an empirical, qualitative, exploratory research of a convenience-defined case study. The thermal evaluation determinants are based on American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE 55, 2020).

Originality/Relevance: Thermal comfort standards typically consider only regular and permanent buildings. This study assesses the thermal conditions of a temporarily constructed dwelling in a region with a subtropical climate and low winter temperatures.

Results: The internal thermal conditions are linked to external temperature variations, and residents' thermal acceptability limits tend to be higher than parameters outlined in adaptive thermal comfort standards.

Contributions: This serves as a pilot study on the thermal conditions of temporary dwellings in the southern region of the country, demonstrating that individuals living in such housing tend to have higher thermal acceptability for cold conditions compared to normative thermal comfort parameters. Meanwhile, the housing's thermal performance aligns with the microclimatic changes in the external environment.

Keywords: thermal comfort, thermal acceptability, temporary housing, housing vulnerability.

ACEPTABILIDAD TÉRMICA DE INDIVIDUOS QUE VIVEN EN VULNERABILIDAD HABITACIONAL: ESTUDIO DE CASO EN PASSO FUNDO/RS – BRASIL

Resumen

Objetivo: Esta investigación tiene como objetivo investigar y discutir las condiciones térmicas de una vivienda provisional y las percepciones de los residentes sobre el ambiente térmico.

Metodología: Se caracteriza como una investigación empírica, de naturaleza cualitativa, del tipo exploratoria sobre un estudio de caso definido por conveniencia. Los determinantes de evaluación térmica están basados en la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE 55, 2020).

Originalidad/Relevancia: Las normativas de confort térmico consideran únicamente edificaciones regulares y permanentes. Este estudio evalúa las condiciones térmicas de una vivienda provisional en precariedad constructiva, ubicada en una región de clima subtropical con bajas temperaturas en invierno.

Resultados: Las condiciones térmicas del ambiente interno están vinculadas a las variaciones de temperatura externa y los límites de aceptabilidad térmica de los moradores tienden a ser mayores que los parámetros previstos en las normativas de confort térmico adaptativo.

Contribuciones: Se trata de un estudio piloto sobre las condiciones térmicas de las viviendas provisionales en el sur del país, demostrando que las personas que viven en este tipo de vivienda tienden a tener una mayor aceptabilidad térmica para el frío en relación con los parámetros normativos de confort térmico, mientras que el rendimiento térmico de la vivienda sigue los cambios microclimáticos del entorno exterior.

Palabras clave: confort térmico, aceptabilidad térmica, vivienda provisional, vulnerabilidad habitacional.



Introdução

Existem diferentes perspectivas para o conceito de habitação adequada quando observadas as dinâmicas sociais, históricas, ambientais, econômicas, políticas e o limitado acesso aos recursos materiais e imateriais disponíveis (Fayazi & Lizarralde, 2013).

As condições inadequadas de moradia se estendem à população emergente, formada por grupos de desabrigados devido a catástrofes ambientais e desigualdades sociais, grupos de assentamentos urbanos irregulares que constroem moradias provisórias inadequadas com os recursos materiais disponíveis (Ramalhete, 2020), a fim de encontrar melhores condições de habitabilidade e adaptabilidade. A maioria dessas habitações ultrapassam a condição de provisoriedade, com permanência por décadas e até gerações (Albadra, Coley, & Hart, 2018).

A exposição dos indivíduos em vulnerabilidade habitacional às condições climáticas tende a ser singular entre populações e culturas (Moran et al., 2021). A forma de adaptação dos moradores e a capacidade de suportar as mudanças de temperatura dependem do acesso às oportunidades e das possibilidades de fazer modificações no ambiente construído na busca de conforto térmico (Nicol & Roaf, 2017), como também é influenciada pela adaptação psicológica e fisiológica, dada a experiência térmica individual (Ning, Wang, & Ji, 2016).

No entanto, o número de artigos sobre habitações provisórias é significativamente menor do que estudos sobre construções permanentes (Zheng, Wu, Liu, Ding, & Yang, 2022). A maioria dos indivíduos que vivem em habitações provisórias não se sentem satisfeitos com o ambiente térmico (Albadra et al., 2018; Thapa, Rijal, & Shukuya, 2018; Domínguez-Amarillo, Rosa-García, Fernández-Agüera & Escobar-Castrillón, 2021; Zheng et al., 2022). Para Nicol, Bahadur Rijal, Imagawa, e Thapa (2020), as percepções térmicas dos usuários dependem das condições psicológicas, sociais e ambientais e os limites aceitáveis de conforto previstos pela ASHRAE 55 (2020) podem ser limitados ao definir a aceitabilidade térmica em condições emergenciais.

De acordo com o exposto anteriormente, este trabalho busca responder à hipótese de que pessoas que vivem em situação de vulnerabilidade tendem a ser mais tolerantes às condições térmicas do ambiente, com o objetivo de investigar as condições térmicas de uma moradia provisória e as percepções dos moradores quanto ao ambiente térmico. Trata-se de um trabalho empírico sobre um estudo de caso de uma moradia provisória em Passo Fundo/RS, construída com materiais de reaproveitamento e revestida internamente com embalagens Tetra Pak®. O trabalho analisa dados das temperaturas internas e externas coletados em campo e a resposta dos usuários sobre o ambiente térmico, referenciado pela norma ASHRAE 55 (2020) sobre conforto térmico de ambientes naturalmente ventilados.

O artigo trata sobre o tema de conforto térmico em habitações provisórias e sobre a



adaptabilidade térmica dos ocupantes ao contexto climático. Na metodologia, foram adotados dois ensaios em campo: as medições de temperatura e a entrevista com os moradores. A partir dos resultados dessas etapas, discutiu-se sobre a relação desta pesquisa com estudos publicados na temática. Na conclusão, são apresentadas as contribuições do estudo, as limitações e os desafios para futuras pesquisas.

Revisão de Literatura

O conceito de Conforto Térmico Adaptativo é determinado pelas diferentes experiências, expectativas e comportamentos dos indivíduos em relação ao clima, sendo esses agentes ativos na regulação de conforto térmico a partir das suas características fisiológicas, comportamentais e psicológicas e das oportunidades de adaptações que o projeto possibilita (Nicol & Humphreys, 2002; Humphreys & Nicol, 2018).

O modelo de conforto adaptativo é uma diretriz para a normativa ASHRAE 55 (2020), que avalia o conforto térmico de ambientes internos de edifícios permanentes que não utilizam mecanismos artificiais para controle térmico, a partir da associação entre as temperaturas internas e externas (ASHRAE 55, 2020; Humphreys, Rijal & Nicol, 2013). Contudo, as escalas de voto de conforto térmico podem não representar as preferências térmicas dos indivíduos, devido à influência dos fatores psicológicos, sociais e culturais (Nicol & Roaf, 2017).

Os dados das temperaturas locais são mais representativos em relação à adaptação dos indivíduos frente às variações de temperatura externa (Humphreys; Rijal; Nicol, 2013) e, em se tratando de edificações temporárias, o modelo adaptativo é o principal método utilizado na avaliação de conforto térmico (Zheng et al., 2022).

Zheng et al. (2022) realizaram uma revisão de trabalhos sobre conforto térmico em edificações temporárias e identificaram que a temperatura neutra das habitações possui relação com zonas climáticas, fatores ambientais, individuais e estruturais, sendo a envoltória (como cabanas, tendas e contêineres) o principal fator de influência no desempenho térmico, a exemplo das pesquisas de Albadra et al. (2018) e Domínguez-Amarillo et al. (2021), que verificaram o baixo desempenho térmico e a avaliação insatisfatória dos moradores de abrigos emergenciais tipo contêiner, localizados em clima quente e úmido na Jordânia e no Afeganistão.

As edificações temporárias podem ter suas estruturas termicamente otimizadas com materiais de baixo custo e com medidas passivas de conforto térmico de acordo com o clima, como ventilação natural e sombreamento para região de clima temperado e aumento da inércia térmica do envelope para clima frio (Sagiroglu & Memari, 2018; Hamdan, Abd-Alhamid & Dabbour, 2021; Zheng et al., 2022).

Em um estudo sobre os impactos das mudanças climáticas em habitações populares no Brasil, Nunes e Giglio (2022) demonstraram que a ventilação natural é a principal estratégia



para otimização do desempenho térmico nas construções, aliada à absorvância e transmitância térmica do envelope.

Ao mesmo tempo, o estudo de Moran et al. (2021) demonstrou que as adaptações de projeto realizadas de modo empírico pelos moradores podem resultar em desempenho térmico insatisfatório.

Xiong, Liu e Kim (2019) demonstraram que ambientes residenciais localizados em áreas rurais possuem baixo desempenho térmico pela maior exposição ao frio e maior insatisfação dos moradores em comparação com os ambientes urbanos, fatores que são atribuídos às diferenças de comportamento dos moradores, tipologia e capacidade térmica das edificações. O estudo de Xiang, Qin, He, Han, e Chen (2022) sobre o impacto das ondas de calor na China mostrou que as áreas urbanas com barreiras físicas como montanhas formam padrões descentralizados de ocupações humanas e apresentam diferentes padrões de exposição, sensibilidade e adaptação dos indivíduos às variações térmicas, observando que há um maior impacto do clima nas áreas de vulnerabilidade social.

As temperaturas, de conforto de indivíduos que vivem em ambientes naturalmente ventilados, são diversas e variáveis, dependendo das temperaturas externas, da diversidade dos materiais construtivos e da capacidade de adaptação dos indivíduos para responder a um evento de desconforto (Humphreys & Nicol, 2018; Tavakoli, O'Donovan, Kolokotroni, & O'Sullivan, 2022).

A pesquisa de Thapa et al. (2018) realizada no Nepal, região de clima temperado, demonstrou que a aceitabilidade térmica para mais de 80% dos moradores que vivem em abrigos temporários foi maior do que o determinado como zona de conforto para a região, abrangendo amplitude térmica entre 11°C e 30°C.

Limitar como zona de conforto as temperaturas preestabelecidas pode levar à exclusão dos votos de indivíduos que se encontram em condições extremas ou incomuns, como em situações emergenciais nas quais as preocupações sobre conforto térmico passam a ser irrelevantes, e as métricas de resiliência variam de acordo com as condições térmicas, tempo de exposição, tipos de edificações e formas de ocupações (Nicol, 2019; Nicol et al., 2020; Siu et al., 2023).

Pessoas que vivem em vulnerabilidade habitacional estão mais expostas aos eventos climáticos e aos riscos ambientais iminentes, com impactos na sua saúde e na sua qualidade de vida.

Para Zheng et al. (2022), o conforto térmico é um dos principais fatores que afetam a condição física e a saúde mental dos usuários. No modelo de conforto térmico adaptativo, a resiliência térmica considera a relação entre o tempo de exposição ao estresse térmico e o limite da capacidade adaptativa do ocupante, porém os ocupantes podem ser incapazes de lidar com a exposição prolongada em condições mais extremas (Nicol, 2019; Tavakoli et al.,

2022; Siu et al., 2023).

De acordo com a pesquisa de Malik e Bardhan (2023) na Índia, moradores de baixa renda apresentaram menor sensibilidade às baixas temperaturas, revelando uma imprecisão entre as temperaturas médias e faixas de aceitabilidade térmica em comparação com os padrões dos modelos existentes.

Nicol (2019) sugeriu o desenvolvimento de pesquisas com novos métodos de definição que incluam diferentes formas e contextos na avaliação dos limites de aceitabilidade térmica.

Da mesma forma, para Malik e Bardhan (2023) os padrões de conforto térmico são influenciados pelo contexto econômico e sociocultural e a construção de um modelo de conforto deve integrar a percepção térmica e adaptabilidade dos moradores de baixa renda a partir de análises contextualizadas. A amplitude das temperaturas que ocorrem em ambientes internos pode ser considerada aceitável, dependendo de suas experiências e circunstâncias individuais (Nicol et al., 2020).

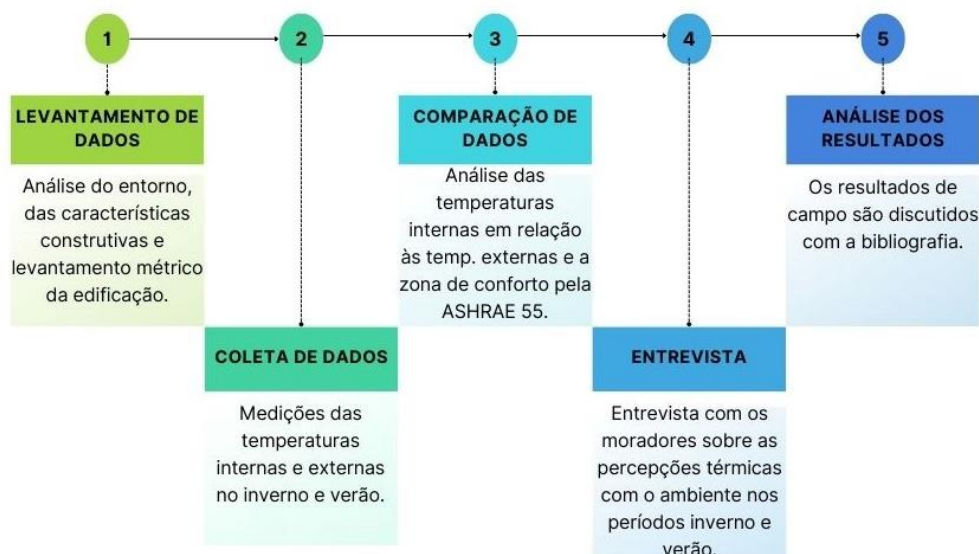
Metodologia

A definição da moradia se deu pela facilidade do contato com a família e principalmente pela aceitabilidade em participar da pesquisa.

A metodologia do trabalho foi dividida em cinco etapas, conforme descrito no fluxograma da metodologia de pesquisa apresentado na Figura 1.

Figura 1

Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2023).

As diretrizes para a coleta das temperaturas dos ambientes interno e externo seguem os parâmetros estabelecidos pela normativa ASHRAE 55 (2020) quanto à localização dos

sensores, calibração e verificação dos dados.

Da mesma forma, a definição das perguntas baseou-se na ASHRAE 55 (2020) para investigações longitudinais, adaptando as questões para uma linguagem acessível aos moradores.

Descrição do clima

O município de Passo Fundo/RS possui Clima Temperado, do tipo Subtropical, com 17,70°C de temperatura média anual e chuva bem distribuída durante o ano. De acordo com os registros da série histórica de 1981 a 2010 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), o mês de julho possui médias de temperaturas mais baixas (12,4°C), período em que ocorrem ondas de frio com temperaturas negativas. Já no verão, o mês de janeiro possui as médias de temperatura mais elevadas (22,4°C).

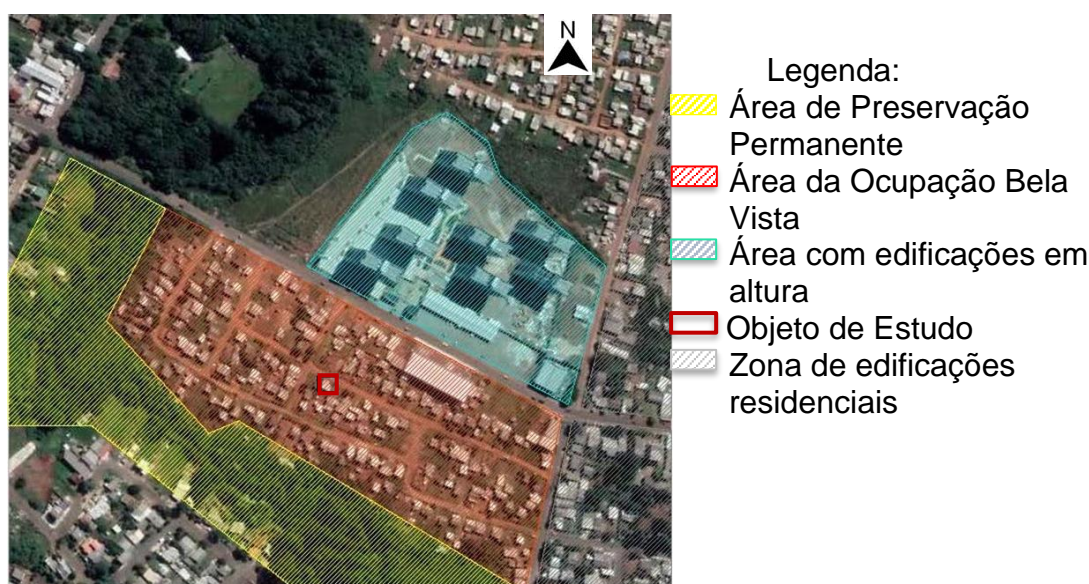
Área de entorno

A área de ocupação denominada Ocupação Bela Vista está situada próxima ao centro urbano do município, circundada por uma Área de Preservação Permanente (APP), com vegetação de grande porte e o afluente do Rio Passo Fundo (Figura 2).

O acesso principal à Ocupação se dá por uma via principal que divide a área da ocupação com a área dos edifícios verticalizados.

Figura 2

Entorno urbano da Ocupação Bela Vista



Fonte: Elaboração própria (2022).

A tipologia das edificações do entorno da ocupação é majoritariamente residencial,

com edificações de dois pavimentos e os blocos verticais construídos em um terreno oposto à Ocupação (Figura 3).

Figura 3

Área da Ocupação Bela Vista



Fonte: Elaboração própria (2021).

Na área da Ocupação, estão instaladas cerca de 150 famílias que vivem em habitações desprovidas de infraestrutura básica, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário adequado e instalações elétricas regulares.

Todas as moradias construídas na Ocupação são edificações térreas, dispostas em terrenos e quadras regulares e com circulação entre os blocos de quadras.

Descrição de uma moradia da Ocupação Bela Vista (estudo de caso)

A moradia possui dimensões de 5,30m x 5,30m (área total de 28,09m²), pé direito de 2,50m (altura média) e 0,30m de afastamento do piso interno de madeira com o solo natural.

Os ambientes de dormitório e área social estão separados por uma cortina e um armário de roupas, havendo uma única parede de divisória que delimita o banheiro (Figura 4).

Figura 4

Planta baixa ilustrativa da moradia



Fonte: Elaboração própria (2022).

Sua fachada principal está voltada para o Norte, com uma janela principal de vidro e sistema de abertura de correr, principal abertura para iluminar e ventilar o espaço interno, além da porta de acesso principal, orientada à fachada Leste.

Existem duas aberturas transparentes na área da cozinha, com mecanismo de controle de abertura limitada, adaptadas de uma moldura de madeira e fechamento em acrílico transparente. Na planta gráfica (Figura 4), é possível identificar a proximidade entre as principais aberturas, que acabam dificultando a renovação do ar no ambiente interno.

Figura 5*Fachada externa (a) e ambiente interno (b)*

(a)



(b)

Fonte: Elaboração própria (2021).

Os materiais construtivos utilizados são a madeira de reaproveitamento para paredes externas e uma única divisão interna do banheiro, com espessura 25,4mm. Na cobertura são utilizadas telhas de fibrocimento e a janela de vidro simples de 3mm (Figura 5(a)).

O mobiliário é adaptado ao espaço, junto ao fogão à lenha instalado próximo à porta principal, único equipamento usado para aquecimento do ambiente nos dias frios (Figura 5(b)).

Na Figura 5(b) é possível visualizar o interior da edificação com a aplicação das embalagens cartonadas. Para facilitar as instalações nas casas, os voluntários do Projeto BSF (2020) desenvolveram uma modulação com placas formadas pelas embalagens de 0,30m de largura e 1,10m de comprimento, grampeadas sobre um quadro de ripas de madeira com 0,015cm de espessura. O piso é executado com madeira não aparelhada, que possibilita a troca térmica entre o piso interno e o solo natural devido às frestas.

Coleta de dados da temperatura

A coleta de dados em campo seguiu os parâmetros normativos da ASHRAE 55 (2020), observando as orientações quanto à localização dos sensores no ambiente, calibração e verificação dos registros de temperatura do ar e umidade relativa do ar (os dados sobre a umidade relativa do ar não serão analisados neste trabalho).

O equipamento interno foi instalado no centro do ambiente de sala/cozinha, em uma altura de 1,10m do piso, critério para locais onde os ocupantes ficam em pé (ASHRAE 55, 2020).

De acordo com a normativa, o intervalo de registro deve estar entre 1 e 5 minutos. O



equipamento foi configurado para registros a cada 1 minuto.

O tempo de medição foi de 15 dias em ambas as estações, verão e inverno.

A medição foi realizada nos seguintes períodos: no inverno, entre os dias 25/07/2021 à 0h e 11/08/2021 à 0h e, no verão, entre os dias 05/01/2022 à 0h e 21/01/2022 à 0h.

O aparelho utilizado para registro dos dados de temperatura e umidade do ambiente interno foi do modelo Datalogger ONSET HOBO®, considerando amplitude entre -20°C a 70°C, e umidade de 100%.

As medições das condições térmicas do ambiente externo foram registradas pelo sensor de modelo Datalogger ELITECH® RC-4HC, com amplitude de registro entre -40° e 85°C de temperatura e 99% de limite de umidade relativa do ar.

O sensor externo foi protegido contra a incidência da radiação solar direta no equipamento.

O aparelho foi colocado em uma caixa plástica branca perfurada, permitindo a ventilação do espaço interno e a proteção do equipamento contra a radiação solar. A caixa foi colocada à altura média de 3,00m do solo natural, protegido pela cobertura da moradia.

Antes das medições em campo, todos os sensores foram calibrados. Os limites de margem de erro dos equipamentos são de no máximo de 0,5°C para temperatura e +/-5% umidade relativa do ar (ASHRAE 55, 2020). O desvio padrão observado na calibração dos equipamentos foi de 0,2 para os registros de temperatura e 0,1 para os registros de umidade relativa do ar.

Índices de Conforto Térmico Adaptativo - ASHRAE 55

Para estimar a aceitabilidade térmica dos moradores da habitação, utilizou-se os critérios da norma ASHRAE 55 (2020) para ambientes naturalmente ventilados.

Os parâmetros descritos pela ASHRAE 55 (2020) foram calculados a partir das Equações 1 e 2 abaixo. O cálculo utiliza as temperaturas externas registradas no local. A Eq. 1 determina a média limite para condições de frio e a Eq. 2, a média limite das condições de calor (ASHRAE 55, 2020):

$$0,31 \times \text{temperatura média externa} + 21,3 \text{ (Equação 1)}$$

$$0,31 \times \text{temperatura média externa} + 14,3 \text{ (Equação 2)}$$

Desse modo, é possível verificar os percentuais de horas em conforto e desconforto térmico a partir das temperaturas externas e compará-los com as temperaturas internas, considerando um índice de aceitabilidade térmica para 80% dos indivíduos.

Entrevistas com moradores

Nesta etapa da pesquisa, buscou-se coletar informações sobre as percepções dos moradores quanto ao ambiente térmico durante os períodos de inverno e verão.

A entrevista foi realizada com 3 moradores adultos do sexo feminino, com idades entre 20 e 40 anos, durante o período de verão. Devido à espera pela aprovação da aplicabilidade do questionário com os moradores pelo Conselho de Ética em Pesquisa (CEP), não houve tempo hábil para realizar a entrevista nas duas estações (inverno e verão) e durante os períodos em que ocorreram as medições (pesquisa transversal), o que se caracteriza como uma investigação longitudinal do estudo de caso.

A entrevista estruturada foi composta por 10 perguntas objetivas (fechadas) e 2 perguntas para respostas livres (abertas), adequando a uma linguagem aproximada ao contexto social dos entrevistados e assegurando a confidencialidade e o anonimato das respostas.

O modelo de questionário foi adaptado da norma ASHRAE 55 (2020), com perguntas que pudessem expressar de forma geral a satisfação térmica dos moradores com o ambiente nos períodos inverno e verão e as causas de desconforto térmico.

As perguntas incluem questionamentos sobre as percepções térmicas, formas de uso do espaço interno, os principais fatores que podem gerar desconforto térmico e as estratégias utilizadas pelos moradores para minimizar o desconforto durante esses períodos.

Resultados

A medição de campo com os sensores no inverno foi realizada entre os dias 28/07/2021 e 11/08/2021 e registrou a diferença das temperaturas internas (SI) e externas (SE) a partir de um ponto central do ambiente interno, local de maior permanência dos moradores.

Na Tabela 1 abaixo é possível verificar as mínimas, médias e máximas temperaturas registradas durante o período. Destaque para os dias 28/07 a 30/07/2021 com temperaturas negativas, dias considerados críticos devido a uma onda de frio intenso que atingiu a região.

Tabela 1

Médias das temperaturas externas (Sensor E) e internas (Sensor I) para Inverno

°C Dia	SE Temp. mín.	SE Temp. máx.	SE Temp. média	SI Temp. mín.	SI Temp. máx.	SI Temp. média.	Diferença temp. méd. SI - SE
28/07	0	11,9	4,3	1,4	8,6	5,3	1,0
29/07	-1,4	10,7	3,5	1,7	10,5	6,2	2,7
30/07	-3,1	16,1	5,4	0,1	15,0	7,5	2,1
31/07	4,0	19,4	10,0	5,1	17,8	10,6	0,6
01/08	5,4	22,7	12,7	9,0	20,5	13,7	1,0
02/08	1,8	22,7	10,6	5,1	19,1	12,1	1,5
03/08	3,5	20,3	10,9	6,5	19,2	12,6	1,7
04/08	4,0	20,4	11,8	7,2	19,2	13,3	1,5
05/08	9,7	22,2	15,2	11,4	20,9	15,7	0,5
06/08	12,3	22,2	15,9	13,1	21,7	16,8	0,9
07/08	12,9	25,4	17,8	14,3	23,9	18,6	0,8
08/08	13,5	28,0	18,7	15,1	26,5	19,7	1,0
09/08	13,9	28,5	19,9	15,1	26,1	20,1	0,2
10/08	11,1	17,9	14,0	13,8	20,4	16,5	2,5
11/08	5,8	15,7	10,9	8,1	15,8	12,7	1,8
Médias	6,2	20,3	12,1	8,5	19,0	13,4	1,3

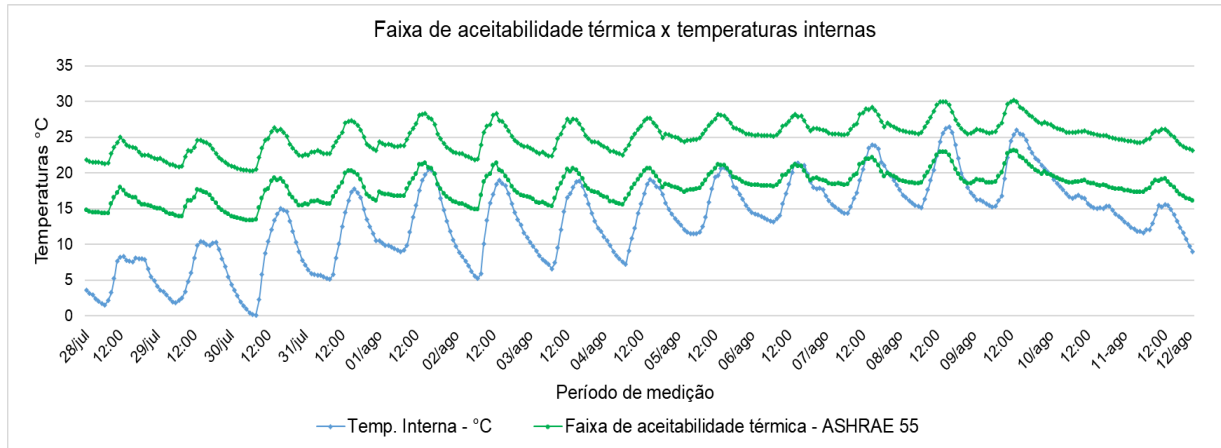
Fonte: Elaboração própria (2021).

Ao observar a proximidade das temperaturas mínimas entre o ambiente interno e externo, nota-se que essa proximidade representa a baixa capacidade térmica da estrutura, que não permite manter o ambiente aquecido por maior período. Nos horários em que o ambiente permanecia ocupado, como à noite, a diferença térmica entre os ambientes chegou a atingir uma amplitude de até 5°C de diferença devido ao uso do fogão à lenha para aquecer o ambiente, condicionante que não se mantém ao longo da madrugada devido à fragilidade da estrutura da moradia.

Na Figura 6, relacionou-se as temperaturas internas pela faixa de zona de conforto térmico definido pela ASHRAE 55 (2020).

Figura 6

Faixa de aceitabilidade térmica pelas temperaturas externas (Sensor E) e a relação com as temperaturas internas (Sensor I) Inverno



Fonte: Elaboração própria (2022)

De acordo com a Figura 6, é possível identificar que, em grande parte do período avaliado, as temperaturas internas (linha azul) estiveram abaixo da zona considerada de conforto térmico (linhas verdes).

A Tabela 1 demonstra a linearidade e a mínima diferença térmica entre as médias de temperaturas dos ambientes, características de estruturas de baixa inércia térmica, como a maioria dos abrigos de padrão construtivo similar.

Os moradores afirmaram estar muito insatisfeitos termicamente com o ambiente nesse período.

De acordo com as entrevistas, a preferência dos ocupantes é estar no ambiente de sala/cozinha, a fim de permanecerem próximos ao fogão à lenha, demonstrado pelas proximidades das temperaturas entre os ambientes nos horários de ocupação. A janela principal permanece fechada, enquanto a porta principal da casa fica aberta durante o dia.

Além do uso do fogão à lenha durante o tempo de permanência na sala/cozinha, os moradores utilizam tapetes e lonas no piso para isolar a entrada do vento pelas frestas da estrutura. À medida que se elevam as temperaturas externas, esses elementos são retirados.

Todos os moradores consideram que os períodos mais críticos do frio ocorrem pela manhã e durante a madrugada, “a partir de 22h até o amanhecer”, segundo informação verbal de um dos moradores. Para eles, o principal elemento de desconforto térmico no frio é o piso de madeira com frestas e a ventilação indesejada que permeia por entre frestas.

A medição de campo no verão foi realizada entre os dias 07/01/2022 e 21/01/2022 e registrou a diferença das temperaturas internas (SI) e externas (SE) a partir de mesmo ponto central do ambiente interno definido na coleta anterior.

Na Tabela 2 abaixo é possível verificar as mínimas, médias e máximas temperaturas

registradas durante o período. Destaque para os dias 17/01 e 18/01,0 com as temperaturas mais altas registradas, dias considerados críticos devido a uma onda de calor intenso, com aumento das temperaturas e baixa umidade relativa do ar, próxima à clima árido.

Tabela 2

Médias das temperaturas externas (Sensor E) e internas (Sensor I) para verão

°C Dia	SE Temp. mín.	SE Temp. máx.	SE Temp. média	SI Temp. mín.	SI Temp. máx.	SI Temp. média.	Diferença Temp. média SI - SE
07/01	13,5	28,5	21,3	15,5	29,2	22,2	0,9
08/01	16,0	30,2	22,6	17,7	28,5	23,1	0,5
09/01	15,9	28,1	21,5	17,9	28,5	22,8	1,3
10/01	16,9	32,2	24,2	19,2	32,0	25,0	0,8
11/01	18,1	32,1	25,8	20,7	33,2	26,6	0,8
12/01	13,3	35,3	25,9	17,1	34,0	26,4	0,5
13/01	18,9	35,7	27,9	21,6	35,1	28,1	0,2
14/01	21,5	35,4	26,2	23,8	33,2	27,3	1,1
15/01	20,9	36,1	25,2	23,1	32,2	26,1	0,9
16/01	20,3	37,4	28,3	21,9	35,3	27,9	-0,4
17/01	21,5	38,3	29,2	23,2	36,8	29,2	0
18/01	21,7	38,8	27,2	23,2	35,8	27,6	0,4
19/01	19,9	38,2	27,9	22,5	34,5	28,0	0,1
20/01	21,7	37,9	29,1	23,9	36,6	29,5	0,4
21/01	22,0	38,3	29,5	24,1	37,4	30,1	0,6
Médias	18,8	34,8	26,1	21,0	33,5	26,7	0,5

Fonte: Elaboração própria (2022)

No dia 18/01, a temperatura máxima externa atingiu 38,8°C enquanto a máxima interna chegou a 35,8°C.

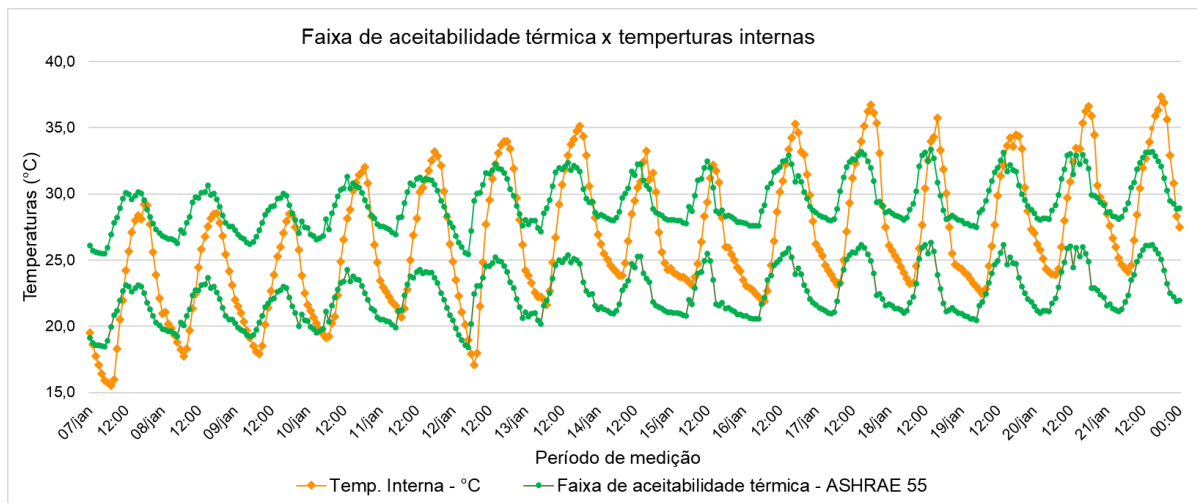
Embora a diferença entre as temperaturas médias internas e externas sejam mínimas, nota-se que, durante os picos de temperatura externa, as máximas internas apresentaram uma diferença superior a 3°C em alguns dias, principalmente nos dias 17, 18 e 19/01.

Esse comportamento pode estar relacionado à presença da barreira radiante do alumínio presente nas embalagens Tetra Pak®, por ser considerado um material de baixa emissividade e conseqüente diminuição da radiação de calor para a superfície oposta, principalmente em períodos de maior radiação de calor.

Na Figura 7, é apresentada a relação entre as temperaturas internas e a faixa de zona de conforto térmico definido pela ASHRAE 55 (2020).

Figura 7

Faixa de aceitabilidade térmica pelas temperaturas externas (Sensor E) e a relação com as temperaturas internas (Sensor I) Verão



Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com a Figura 7, foi possível verificar que as temperaturas internas (linha laranja) estiveram em grande parte dentro da faixa de conforto térmico (linhas verdes). O comportamento térmico de linearidade das temperaturas entre os ambientes se deve à estrutura vulnerável da moradia. Notam-se períodos de picos de temperatura que ultrapassam as condições de conforto, acima de 32°C.

De acordo com a percepção dos moradores, o verão foi considerado o período de maior aceitabilidade e neutralidade térmica.

Em dias de calor extremo, os moradores preferem estar no ambiente externo, principalmente durante o horário do meio-dia. Neste intervalo de tempo, aumentou-se o aquecimento das superfícies devido à maior incidência da radiação solar, aliada à geração de calor interna em razão da atividade de cozinhar, contribuindo com a sensação de desconforto térmico.

Nos períodos de desconforto extremo com o calor, o uso de ventiladores não contribuiu para o resfriamento do ambiente e não há vegetação no entorno que proporcione algum sombreamento à moradia.

Discussões

Este estudo tem como principal contribuição a análise de desempenho térmico de uma moradia precária de caráter provisório em contexto brasileiro sob clima subtropical e da percepção dos moradores quanto ao ambiente térmico dentro das suas limitações.

A maioria das habitações irregulares encontradas no Brasil não apresentam uma tipologia de projeto padrão, diferentemente do que encontrado na literatura ao definir o termo

habitações/abrigos provisórios (Albadra et al., 2018; Sagioglu & Memari, 2018; Moran et al., 2021). A dinâmica das ocupações no país está relacionada à desigualdade social e pobreza urbana e às variadas formas de adaptação ao contexto, como neste estudo de caso, em que utilizam as embalagens Tetra Pak® como revestimento interno para minimizar o desconforto térmico devido às frestas da estrutura.

Os principais métodos aplicados em pesquisas sobre conforto térmico em habitações provisórias foram adotados neste trabalho, sendo eles: as medições de temperaturas e entrevistas com os usuários, apesar de conter limitações de variáveis metodológicas que podem ser complementares às análises em futuras pesquisas, como a velocidade do vento sobre a edificação.

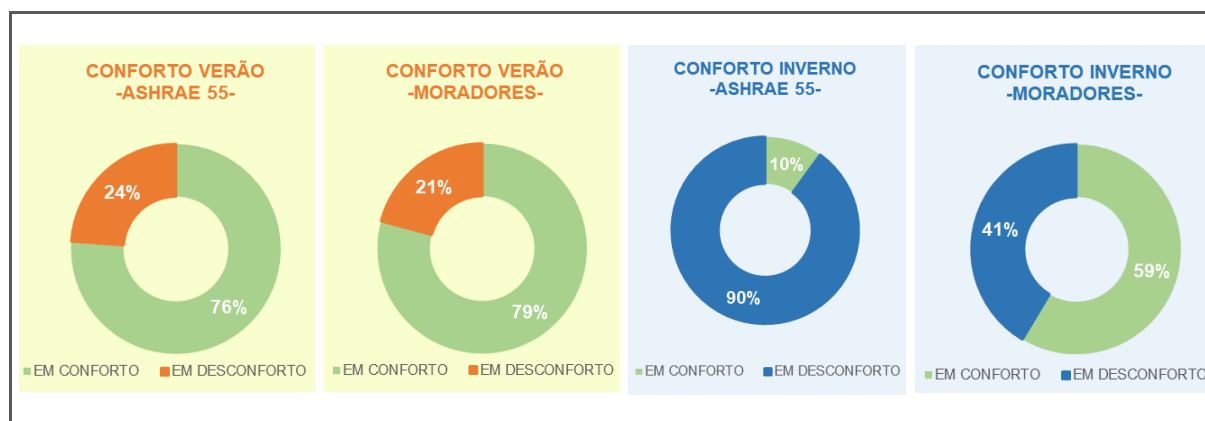
A partir dos resultados encontrados nas medições em campo, foi possível calcular os níveis de conforto térmico para o ambiente interno, conforme apresentado nos gráficos das Figuras 6 e 7.

Além disso, realizou-se a transcrição dos votos térmicos dos moradores e suas percepções em comparação aos níveis de conforto térmico da ASHRAE 55 (2020).

A Figura 8 demonstra esses comparativos entre medições durante verão e inverno e os períodos em que os moradores destacaram como de menor aceitabilidade térmica.

Figura 8

Conforto térmico e aceitabilidade térmica para verão e inverno



Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir da Figura 8, é possível perceber que, no período do verão, a comparação entre os resultados da ASHRAE 55 e os intervalos de conforto e desconforto térmico relatados nas entrevistas ficaram muito próximos. Para esta análise, determinou-se o intervalo entre 10h e 14h como período de desconforto com o calor, conforme descrição dos moradores. Também foi o período em que foram registradas as maiores temperaturas externas.

No entanto, a maior divergência se deu no período do inverno, pois, segundo a



ASHRAE 55 (2020), em 90% do período os moradores estariam em desconforto; entretanto, os entrevistados descreveram que o desconforto com o frio ocorreu em alguns períodos do dia (a partir das 22h até o amanhecer), apresentando uma estimativa de desconforto de 40%. Nesta análise, determinou-se o intervalo entre 22h da noite até 8h do dia seguinte, período de maior desconforto com o frio conforme apontamento dos moradores, e também quando foram registradas temperaturas externas mais baixas.

A aplicação das embalagens é considerada a principal estratégia de conforto térmico, com grande aceitabilidade pelos moradores. Contudo, as alternativas de adaptação para aquecimento do ambiente, como o uso do fogão a lenha e o uso de tapetes no piso durante o inverno, são estratégias encontradas pelos moradores para propiciar períodos mais confortáveis com o ambiente interno enquanto permanecem no espaço da sala cozinha.

De acordo com a pesquisa de Humphreys & Nicol (2018), as temperaturas de conforto térmico não são estáticas e as condições de aceitabilidade térmica dos indivíduos podem atingir amplitude térmica maior do que estabelecido em normativas, abaixo de 15°C e acima de 30°C. Este cenário está associado aos resultados das Figuras 6 e 7, quando a média das temperaturas dos períodos de maior aceitabilidade pelos moradores atingiu 15°C no inverno – condição de desconforto segundo a ASHRAE 55, na qual a média das temperaturas foi de 21°C no inverno – e de 26°C no verão, distribuição que se enquadra na zona de conforto.

Na pesquisa de Nicol et al. (2020), a análise combinatória entre as temperaturas e a aceitabilidade térmica dos moradores demonstrou uma amplitude térmica entre 11°C (inverno) e 30°C (verão). Esses resultados também podem sugerir novas evidências para um banco de dados de conforto térmico que não estejam limitados à distribuição padrão (Nicol et al., 2020).

O conceito de conforto térmico adaptativo é central para abordar questões de aceitabilidade térmica e otimização de estratégias que aumentem a capacidade adaptativa dos indivíduos ao incluir outras tipologias, outros contextos sociais e condições climáticas mais extremas (Humphreys & Nicol, 2018; Nicol et al., 2020; Zheng et al., 2022).

Para Xiong et. al (2019), Xiang et al. (2022) e Malik e Bardhan (2023), moradores em situação de vulnerabilidade social tendem a ter maior aceitabilidade térmica em comparação com os padrões dos modelos existentes, embora, na maioria das vezes, as pessoas vivem sob as mesmas condições do clima externo (Thapa et al., 2018).

Os resultados demonstram também que as estruturas físicas da tipologia de habitação provisória são mais suscetíveis às mudanças das temperaturas externas, com maior perda de calor durante o período da noite (Thapa et al., 2019; Domínguez-Amarillo et al., 2021). A limitação dos recursos materiais disponíveis acaba gerando soluções consideradas pelos moradores como adequadas, mas que não são soluções ideais para melhoramento de duas moradias (Moran et al., 2021).

Medidas passivas de resfriamento no verão e de aquecimento no inverno mostram-se



como estratégias mais eficazes para alcançar o conforto térmico em projetos habitacionais (Xiong et al., 2019).

A otimização do desempenho térmico da estrutura de habitações provisórias para o clima envolve principalmente o aumento da inércia térmica do envelope, delimitado aos materiais de baixo valor agregado e com maior disponibilidade, como o uso de polietileno celular (Sagiroglu & Memari, 2018; Thapa et al., 2019).

Nos períodos mais quentes, a ventilação cruzada possibilitaria o resfriamento do ambiente, ao mesmo tempo que uma orientação solar adequada do projeto conduzido por um direcionamento técnico podem apresentar melhorias no desempenho térmico neste tipo de habitação (Moran et al., 2021; Hamdan et al., 2021; Nunes & Giglio, 2022).

O acesso às alternativas para modificar a condição térmica do indivíduo com o ambiente depende do seu contexto social, associado às características fisiológicas e psicológicas, a partir da experiência térmica de cada indivíduo (Nicol & Roaf, 2017; Nicol & Humphreys, 2018).

Conclusão

Considerando a falta de pesquisas sobre conforto térmico de moradias provisórias no Brasil, a contribuição mais significativa deste estudo foi demonstrar as condições térmicas de uma moradia provisória localizada em uma região de baixas temperaturas no inverno, que utiliza embalagens cartonadas, a fim de otimizar o conforto térmico do ambiente interno principalmente em períodos de frio.

A principal contribuição teórica desta pesquisa demonstrou que pessoas que vivem em condições habitacionais mais precárias tendem a ter maior aceitabilidade ao ambiente térmico em comparação aos parâmetros determinados pela ASHRAE 55 sobre conforto térmico de ambientes naturalmente ventilados, conforme também encontrado na literatura.

As condições térmicas das tipologias de habitações provisórias tendem a refletir as mudanças microclimáticas externas, o que prova a importância de pesquisas afins que demonstrem inclusive as projeções dos impactos dos eventos climáticos extremos sobre as populações que vivem em vulnerabilidade.

Este estudo não teve a intenção de determinar como propriedade única os resultados encontrados acima. As principais contribuições práticas estão relacionadas às próprias limitações da pesquisa, ao seguir algumas estratégias metodológicas encontradas na literatura, como a mensuração das temperaturas internas e externas e a análise das percepções dos moradores quanto ao ambiente térmico, sem avaliar a incidência do vento sobre a edificação, assim como a não inclusão de outras moradias e de um maior grupo de pessoas nas avaliações em campo, por exemplo.

Esta pesquisa concentrou-se nas diferenças térmicas da moradia analisada, no atraso



térmico entre os ambientes e nas percepções dos moradores sobre o ambiente interno, conforme as condições de viabilidade da pesquisa e da capacidade de análise do contexto. Contudo, este é um dos primeiros estudos de investigação sobre aceitabilidade térmica e desempenho térmico de moradias provisórias e demonstra que são necessários mais estudos para avançar nas discussões dentro do cenário brasileiro e sua diversidade cultural, social e ambiental.

Dentro desta perspectiva de pesquisas futuras, sugere-se os seguintes métodos:

- a) Avaliação de outras tipologias construtivas, como habitações mistas que utilizam madeira e alvenaria, visto que também são tipologias empregadas, dentro de um período maior do que 15 dias, além do que prevê a ASHRAE 55 (2020) como tempo mínimo;
- b) Avaliação de outros cenários climáticos dentro do território brasileiro. Grupos em vulnerabilidade que vivem em regiões de clima semiárido, por exemplo, sofrem com as condições extremas de calor e baixa umidade do ar, utilizando outros materiais locais que estão disponíveis para melhoria do conforto térmico de suas habitações.
- c) Para as avaliações de voto térmico com moradores, incluir um maior número de entrevistados que destaquem os principais fatores de desconforto térmico, quais as estratégias adotadas para minimizar o impacto do clima, seja individual, seja na edificação, e em que modelo e características construtivas estão sendo avaliados, visto que as construções irregulares são muito diversas, criando assim um banco de dados mais completo.
- d) Incluir os aspectos de velocidade e direção do vento sobre as edificações. Em um cenário onde não há climatização artificial, o vento exerce significativo impacto na sensação térmica dos ocupantes.
- e) Contemplar estudos de protótipos que possuam características físicas semelhantes e que, a partir destes modelos, possam ser realizadas algumas comparações, avaliando um modelo que integre medidas de condicionamento passivo de conforto e um modelo sem a adoção dessas soluções.

A redução das desigualdades habitacionais precisa incluir técnicas de intervenções locais junto às comunidades, permitindo a preparação dessas comunidades para as crises climáticas, socioambientais e crises sanitárias futuras que tendem a ser mais frequentes.

Assim, quanto maior o número de estudos sobre as condições térmicas de moradias provisórias de populações em vulnerabilidade, mais iniciativas e ações participativas poderão auxiliar em projetos que visem minimizar as consequências da desigualdade socioambiental que afetam as populações mais vulneráveis.



Referencias

- Albadra, D., Coley, D., & Hart, J. (2018). RIBA president's awards for research 2017 winner of the annual theme - Housing: Toward healthy housing for the displaced. *Journal of Architecture*, 23(1), 115–136. <https://doi.org/10.1080/13602365.2018.1424227>
- ASHRAE 55 (2020). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc.: Atlanta, GA, USA.
- De Dear, R., Xiong, J., Kim, J., & Cao, B. (2020). A review of adaptive thermal comfort research since 1998. *Energy and Buildings*, 214, 109893. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109893>
- Domínguez-Amarillo, S., Rosa-García, Á., Fernández-Agüera, J., & Escobar-Castrillón, N. (2021). Architecture of the scape: Thermal assessment of refugee shelter design in the extremes climates of Jordan, Afghanistan and South Sudan. *Journal of Building Engineering*, 42(March). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102396>
- Fayazi, M. & Lizarralde, G. (2013). The role of low-cost housing in the path from vulnerability to resilience. *Archnet-IJAR*, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 146-167. <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v7i3.56>
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. (2022). Normais climatológicas. Disponível em <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>.



- Hamdan, M., Abd-Alhamid, F., & Dabbour, L. (2021). Impact of passive techniques on thermal behavior of emergency shelters. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 22(3), 112-119. <https://doi.org/10.12912/27197050/135523>
- Humphreys, M. A., & Nicol, J. F. (2018). Principles of Adaptive Thermal Comfort. Springer Nature Singapore. *Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia*, 103-113. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8465-2_10
- Humphreys, M. A., Rijal, H. B., & Nicol, J. F. (2013). Updating the adaptive relation between climate and comfort indoors; new insights and an extended database. *Building and Environment*, 63, 40-55. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.024>
- Malik, J., & Bardhan, R. (2023). A localized adaptive comfort model for free-running low-income housing in Mumbai, India. *Energy and Buildings*, 281, 112756. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112756>
- Moran, F., Fosas, D., Coley, D., Natarajan, S., Orr, J., & Ahmad, O. B. (2021). Improving thermal comfort in refugee shelters in desert environments. *Energy for Sustainable Development*, 61, 28-45. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.12.008>
- Nicol, F. J. The limits to accepted indoor temperatures. (2019). In *Proceedings of the 1st international conference on Comfort at the extremes: energy, economy and climate*. www.comfortattheextremes.com
- Nicol, F., Bahadur Rijal, H., Imagawa, H., & Thapa, R. (2020). The range and shape of thermal comfort and resilience. *Energy and Buildings*, 224, 110277. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110277>



- Nicol, F.; Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 563-572.: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3).
- Nicol, F.; Humphreys, M.; Roaf, S. (2012). *Adaptive Thermal Comfort: principles and practice*. Routledge. DOI: 10.1201/9780429294983-6.
- Nicol, J. F., & Roaf, S. (2017). Rethinking thermal comfort. *Building Research and Information*, 45(7), 711-716. <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2017.1301698>
- Ning, H., Wang, Z., & Ji, Y. (2016). Thermal history and adaptation: Does a long-term indoor thermal exposure impact human thermal adaptability? *Applied Energy*, 183, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.157>
- Nunes, G., & Giglio, T. (2022). Effects of climate change in the thermal and energy performance of low-income housing in Brazil — assessing design variable sensitivity over the 21st century. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168(August), 112885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112885>
- Ramalhete, I. M. (2020). *Modelo de Habitação Adaptativa a Custos Reduzidos: Proposta de um modelo de base para o projeto de arquitetura de habitação adaptativa para os países em desenvolvimento*. 2020. Tese (Doutorado Arquitetura, Tecnologia e Gestão da Construção). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Sagiroglu, M., & Memari, A. M. (2018). Learning from the experiences of using different types of temporary housing systems. *42nd IAHS WORLD CONGRESS The housing for the dignity of mankind 10-13rd April 2018 Naples, Italy, September, 1–10*.



Siu, C. Y., O'Brien, W., Touchie, M., Armstrong, M., Laouadi, A., Gaur, A., Jandaghian, Z., & Macdonald, I. (2023). Evaluating thermal resilience of building designs using building performance simulation – A review of existing practices. *Building and Environment*, 234(January). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110124>

Tavakoli, E., O'Donovan, A., Kolokotroni, M., & O'Sullivan, P. D. (2022). Evaluating the indoor thermal resilience of ventilative cooling in non-residential low energy buildings: A review. *Building and Environment*, 222(June). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109376>

Thapa, R., Rijal, H. B., & Shukuya, M. (2018). Field study on acceptable indoor temperature in temporary shelters built in Nepal after massive earthquake 2015. *Building and Environment*, 135(February), 330-343. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.001>

Thapa, R., Rijal, H. B., Shukuya, M., & Imagawa, H. (2019). Study on the wintry thermal improvement of makeshift shelters built after Nepal earthquake 2015. *Energy and Buildings*, 199, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.031>

Xiang, Z., Qin, H., He, B. J., Han, G., & Chen, M. (2022). Heat vulnerability caused by physical and social conditions in a mountainous megacity of Chongqing, China. *Sustainable Cities and Society*, 80(September 2021). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103792>

Xiong, Y., Liu, J., & Kim, J. (2019). Understanding differences in thermal comfort between urban and rural residents in hot summer and cold winter climate. *Building and Environment*, 165(September), 106393. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106393>



Zheng, P., Wu, H., Liu, Y., Ding, Y., & Yang, L. (2022). Thermal comfort in temporary buildings: A review. *Building and Environment*, 221(May).

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109262>