

**FACULDADE MERIDIONAL - IMED**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* – MESTRADO EM**  
**ARQUITETURA E URBANISMO**

**Tháise Sebben**

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE MORADIA**  
**PRECÁRIA REVESTIDA COM EMBALAGENS TETRA PAK®:**  
**Estudo de caso na Ocupação Bela Vista em Passo Fundo/RS**

**PASSO FUNDO**

**2022**

**THAÍSE SEBBEN**

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE MORADIA  
PRECÁRIA REVESTIDA COM EMBALAGENS TETRA PAK®:**

**Estudo de caso na Ocupação Bela Vista em Passo Fundo/RS**

Pesquisa de dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na linha de Tecnologia, Projeto e Gestão do Ambiente Construído, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional - IMED.

Orientadora: Profa. Dra. Thaísa Leal da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha

**PASSO FUNDO**

**2022**

CIP – Catalogação na Publicação

---

S442a SEBBEN, Thaíse

Análise de comportamento térmico de moradia precária revestida com embalagens Tetra Pak®: estudo de caso na Ocupação Bela Vista em Passo Fundo/RS / Thaíse Sebben. – 2022.

98 f., il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade IMED, Passo Fundo, 2022.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Thaísa Leal da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha

1. Arquitetura e Urbanismo -- Sustentabilidade. 2. Desempenho térmico – Embalagem Tetra Pak®. 3. Passo Fundo (RS) – Ocupação Bela Vista. I. SILVA, Thaísa Leal da, orientadora. II. CUNHA, Eduardo Grala da, coorientador. III. Título.

CDU: **72(816.5)**

---

Catálogo: Bibliotecária Angela Saadi Machado - CRB 10/1857

## AGRADECIMENTOS

Sinto-me privilegiada! Tive a oportunidade de concluir um curso de pós-graduação, apesar dos inúmeros desafios que nosso país vive atualmente dentro do contexto socioeducacional e tantos outros tão graves quanto este, que atingem nossa sociedade.

Tenho a alegria de estar compartilhando essa conquista ao lado dos meus pais e familiares, especialmente meu pai, que, como nunca antes, ensinou-me o quanto o amor é capaz de despertar nossa fé e nossa vontade de viver.

Agradeço imensamente ao meu companheiro Rodrigo, professor e pesquisador que admiro tanto, pela sua infinita paciência com minhas angústias e meus devaneios, pela compreensão com a minha ausência em muitos momentos, pelas incansáveis orientações e questionamentos, e, acima de tudo isso, pela nossa relação de muito amor e muito respeito, com novos desafios e conquistas a partir de agora.

Um sincero agradecimento à família participante da pesquisa, por toda a disponibilidade e prestatividade com as etapas deste trabalho.

Quero agradecer aos professores pelas orientações, prof. Thaísa e prof. Eduardo. Um agradecimento especial ao prof. Eduardo pela sua paciência e disponibilidade, meu professor de graduação e agora coorientador desta pesquisa, incentivando-me desde o início a aprender mais, inclusive com o compartilhamento de experiências. Sou muito grata pelo aprendizado e pela oportunidade de estar em contato com os colegas da UFPEL, pelas boas relações que se formaram e das conquistas que tivemos ao longo deste trabalho.

Agradecer aos amigos maravilhosos que tenho! Amigos de verdade, desde os primeiros semestres da graduação até os dias de hoje, uma relação de amor que perdura para além das mudanças naturais da vida!

Amadureci e aprendi muito intelectualmente, mas aprendi mais sobre o meu papel e minha contribuição com aquilo que sei, transcendendo o papel de profissional e integrando a natureza humana no trabalho.

*“O estudo e o trabalho são as asas que facilitam a evolução do ser”*

*Joanna de Ângelis*

## RESUMO

A realidade de grande parte das moradias instaladas em assentamentos irregulares é considerada precária sob o viés construtivo e de vulnerabilidade habitacional, sobretudo no aspecto do conforto térmico. As embalagens Tetra Pak® têm sido empregadas como revestimento interno para isolar as frestas decorrentes da precariedade da estrutura. Neste contexto, esta pesquisa buscou analisar o comportamento térmico de uma moradia precária revestida internamente com embalagens Tetra Pak®, situada em Passo Fundo/RS. A partir do levantamento de dados no local, verificou-se os percentuais de conforto térmico e as temperaturas das superfícies internas e externas da envoltória através de simulações computacionais no *software Energy Plus 8.7*. Após, foram realizadas as medições em campo com a instalação de sensores modelo HOBO (VX100-003) para as medições internas e modelo Datalogger ELITECH® RC-4HC para as medições externas, coletando dados de temperatura e umidade relativa do ar, segundo parâmetros da normativa ASHRAE 55 (2017). Aplicou-se também uma entrevista semiestruturada para avaliação das percepções dos moradores em relação ao ambiente térmico. Os resultados das simulações de conforto térmico demonstraram que, em mais de 72% das horas avaliadas, os moradores permanecem em desconforto com o frio no período do inverno e, em mais de 57%, em desconforto térmico com o calor no período do verão. Os resultados das temperaturas de superfícies indicaram que a cobertura apresentou maior ganho térmico, ao mesmo tempo que apresentou redução na transferência de calor para a superfície interna. Os resultados das medições em campo evidenciaram a baixa capacidade térmica da estrutura em retardar as variações das temperaturas internas, a partir da identificação do atraso térmico de 2 horas ocorrido em ambas as condições climáticas. Contudo, os resultados do verão apontaram uma diminuição das temperaturas internas devido ao revestimento com as embalagens Tetra Pak® em sua configuração como barreira radiante e a baixa emissividade do alumínio, minimizando a transferência de calor por radiação. De acordo com as respostas dos moradores, o desconforto térmico com o frio foi considerado como o maior problema em relação ao ambiente térmico, enquanto, no verão, as situações de desconforto ocorrem em alguns períodos do dia.

Palavras-chave: Moradia precária. Desempenho térmico. Percepção dos usuários. Embalagens Tetra Pak®. Barreira radiante.

## ABSTRACT

The reality of a large part of the houses installed in irregular settlements is considered precarious under the constructive bias and housing vulnerability, especially in terms of thermal comfort. Tetra Pak® packaging has been used as an internal lining to isolate the gaps resulting from the precariousness of the structure. In this context, this research analyzes the thermal performance of a precarious house internally coated with Tetra Pak® packaging, located in Passo Fundo/RS. From the data collection *in loco*, the percentages of thermal comfort and the temperatures of the internal and external surfaces of the envelope were verified through computer simulations in the software Energy Plus 8.7. Afterwards, measurements were carried out in the field with the installation of sensors model HOBO (VX100-003) for internal measurements and Datalogger model ELITECH® RC-4HC for external measurements, collecting data on temperature and relative humidity of the air, according to parameters of the ASHRAE 55 (2017). A semi-structured interview was also applied to assess the residents' perceptions in relation to the thermal environment. The results of the thermal comfort simulations showed that, in more than 72% of the hours evaluated, residents remain in discomfort with the cold in the winter period and, in more than 57%, in thermal discomfort with the heat in the summer period. The results of surface temperatures indicated that the roof showed greater thermal gain, while it presented greater control in heat transfer to the inner surface. The results of field measurements showed the structure's low thermal capacity to delay variations in internal temperatures, based on the identification of the 2-hour thermal delay that occurred in both climatic conditions. However, the summer results showed a decrease in internal temperatures due to the coating with Tetra Pak® packaging in its configuration as a radiant barrier and the low emissivity of aluminum in reduction of heat transfer by radiation. According to the user's responses, thermal discomfort with the cold was considered as the biggest problem in relation to the thermal environment, while, in summer, discomfort situations occur at certain times of the day.

Keywords: Informality housing. Thermal performance. Occupant perception. Tetra Pak® packaging. Radiant barrier.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 - Composição das embalagens Tetra Pak®	33
Figura 2 - Abrigos emergenciais na Jordânia - adaptação do projeto feita pelos moradores	40
Figura 3 - Organograma da metodologia de pesquisa	42
Figura 4 - Ocupação irregular Bela Vista	43
Figura 5 - Área do entorno urbano da Ocupação Bela Vista	44
Figura 6 - Planta ilustrativa da moradia precária	45
Figura 7 - Fachada Principal	46
Figura 8 - Vista interna da moradia	47
Figura 9 - Modelagem do Modelo Base no Sketchup 2017	50
Figura 10 - Estrutura da parede	51
Figura 11 - Estrutura da cobertura	51
Figura 12 - Sensor instalado a 0,10m do piso	55
Figura 13 - Sensor instalado a 1,70m do piso	56
Figura 14 - Sensores instalados na parede	57
Figura 15 - Vista do ambiente interno	58
Figura 16 - Sensor C no ambiente interno a 1,10m do piso	59
Figura 17 - Sensor externo E	60
Figura 18 - Localização da medição externa	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das principais propriedades dos materiais construtivos da habitação configuradas no EP v.8.7	52
Tabela 2 - Média das temperaturas mais elevadas das superfícies internas e externas e temperatura do ar no inverno dentre 15 dias no mês de agosto pelo Energy Plus v8.7	58
Tabela 3 - Média das temperaturas mais elevadas das superfícies internas e externas e temperatura do ar no verão dentre 15 dias no mês de janeiro pelo Energy Plus v8.7	68
Tabela 4 - Fatores ambientais externos Sensor E (27/06 a 03/07)	70
Tabela 5 - Temperaturas assimétricas do ambiente interno (A e B) e externo (E)	72
Tabela 6 - Temperaturas assimétricas do ambiente interno (A e B) e externo (E) no dia 29/06/2021	72
Tabela 7 - Comparativo das médias de temperatura internas e externas no Inverno	73
Tabela 8 - Umidade relativa do ar (sensores A, B e E) no Inverno	67
Tabela 9 - Médias das temperaturas externas (Sensor E) e internas (Sensor C) no Inverno	69
Tabela 10 - Umidade relativa do externo (Sensor E) e interno (Sensor C) no Inverno	79
Tabela 11 - Fatores ambientais externos (27/12/21 a 03/01/22)	81
Tabela 12 - Temperaturas assimétricas do ambiente interno (A e B) e externo (E)	82
Tabela 13 - Descrição das temperaturas registradas dos sensores A, B e E no dia 02/01	82
Tabela 14 - Umidade relativa do ar interno (sensores A e B) e externo (sensor E) de verão	83
Tabela 15 - Médias das temperaturas externas (Sensor E) e internas (Sensor C) no Verão	78
Tabela 16 - Umidade relativa do ar externo (Sensor E) e interno (Sensor C) no Verão	87

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperaturas médias mensais de bulbo seco e úmido e temperaturas operativas da zona de conforto para Passo Fundo/RS	39
Gráfico 2 – Velocidade, frequência e direção do vento	49
Gráfico 3 - Faixa percentual da umidade relativa do ar	49
Gráfico 4 - Simulações para o verão para o mês de janeiro	62
Gráfico 5 - Simulações para o inverno para o mês de julho	63
Gráfico 6 - Comportamento térmico no inverno da superfície da Fachada Norte	64
Gráfico 7 - Comportamento térmico no inverno da superfície da Fachada Sul	64
Gráfico 8 - Comportamento térmico no inverno da superfície da Fachada Leste	64
Gráfico 9 - Comportamento térmico no inverno da superfície da Fachada Oeste	65
Gráfico 10 - Comportamento térmico no inverno da superfície da Cobertura	65
Gráfico 11 - Comportamento térmico no verão da superfície da Fachada Norte	67
Gráfico 12 - Comportamento térmico no verão da superfície da Fachada Sul	67
Gráfico 13 - Comportamento térmico no verão da superfície da Fachada Leste	67
Gráfico 14 - Comportamento térmico no verão da superfície da Fachada Oeste	68
Gráfico 15 - Comportamento térmico no verão da superfície da Cobertura	68
Gráfico 16 - Condições ambientais de inverno para a verificação das temperaturas assimétricas	70
Gráfico 17 - Variação das temperaturas assimétricas do entre os sensores A, B e E	71
Gráfico 18 - Comparativo da umidade relativa do ar no Inverno	73
Gráfico 19 - Comparação entre as temperaturas internas e externas no Inverno	75
Gráfico 20 - Comportamento das temperaturas internas e externas nos dias 30/07 e 31/07	76
Gráfico 21 - Comparação entre as temperaturas internas e externas e umidade relativa do ar	79
Gráfico 22 - Comparação entre as temperaturas externas e umidade relativa do ar no Verão	80
Gráfico 23 - Comparação entre as temperaturas externas e temperaturas internas assimétricas	81

Gráfico 24 - Comparação entre as temperaturas e umidade relativa do ar para o período	83
Gráfico 25 - Comparação entre as temperaturas internas e externas	84
Gráfico 26 - Comportamento das temperaturas internas e externas no dia 18/01	85
Gráfico 27 - Comportamento das temperaturas e umidade relativa do ar interno e externo	86

**LISTA DE SIGLAS**

APP	Área de Preservação Permanente
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning</i>
BSF	Projeto Brasil Sem Frestas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
EP	<i>Software Energy Plus</i>
EPS	Poliestireno Expandido
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Metrologia
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética de Edificações
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PROJETEEE	Projetando Edifícios Energeticamente Eficientes
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
UR	Umidade Relativa do Ar

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>29</b>
2.1	DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO .....	29
2.1.1	Temperatura.....	29
2.1.2	Umidade Relativa do Ar .....	30
2.1.3	Ventilação .....	30
2.2	TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO .....	31
2.3	ESTUDOS COM EMBALAGENS TETRA PAK® .....	33
2.4	AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DE AMBIENTES NATURALMENTE VENTILADOS .....	37
2.4.1	Fatores individuais e ambientais no conforto térmico.....	38
2.5	CONDIÇÕES TÉRMICAS DE MORADIAS PRECÁRIAS.....	39
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
3.1	ESTUDO DE CASO - CARACTERIZAÇÃO DA MORADIA PRECÁRIA.....	43
3.1.1	Descrição da área da Ocupação Bela Vista .....	43
3.1.2	Características construtivas da Moradia Precária.....	45
3.1.3	Características do clima.....	47
3.2	ETAPA 1: SIMULAÇÃO NO ENERGY PLUS .....	50
3.3	ETAPA 2: MEDIÇÕES EM CAMPO .....	53
3.3.1	Critérios para medição em campo .....	53
3.3.2	Verificação das temperaturas assimétricas .....	55
3.3.3	Verificação das temperaturas médias no centro do ambiente.....	58
3.3.4	Temperaturas externas .....	59
3.3.5	Entrevista com os moradores.....	61
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
4.1	SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS .....	62

4.1.1	Conforto térmico .....	62
4.1.2	Temperaturas superficiais .....	63
4.2	MEDIÇÕES EM CAMPO NO INVERNO .....	69
4.2.1	Temperatura e umidade relativa do ar externo .....	69
4.2.2	Temperaturas assimétricas dos ambientes interno e externo.....	71
4.2.3	Umidade relativa do ar assimétrica .....	73
4.2.4	Temperaturas médias e umidade relativa do ar no centro do ambiente.....	74
4.3	MEDIÇÕES EM CAMPO NO VERÃO .....	80
4.3.1	Temperatura e umidade relativa do ar externo .....	80
4.3.2	Temperaturas assimétricas do ambiente interno.....	81
4.3.3	Umidade relativa do ar assimétricas do ambiente interno.....	83
4.3.4	Temperaturas do ar e umidade relativa do ar no centro do ambiente.....	84
4.4	ENTREVISTAS.....	88
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As pesquisas no campo da Arquitetura e do Urbanismo contribuem para o desenvolvimento de tecnologias e soluções construtivas que podem servir a diferentes necessidades habitacionais, socioambientais e econômicas. A ciência da Arquitetura e Urbanismo possibilita a melhora na qualidade de vida do indivíduo por meio de técnicas e estudos de projeto para uma habitação adequada dentro de seu próprio contexto.

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).

Dentro desse contexto, Ramalhete (2020) destaca que as camadas mais pobres da sociedade não dispõem de meios nem recursos para terem acesso a uma habitação que satisfaça suas necessidades e o fator da informalidade e das condições das habitações encontram-se dependentes de recursos financeiros, materiais e humanos capacitados.

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), estima-se que cerca de 1 bilhão de pessoas vivem em habitações irregulares com riscos relacionados à infraestrutura, ao sistema sanitário e à contaminação, sofrendo com doenças respiratórias e de saúde mental devido ao estresse causado pelo desconforto do ambiente.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020a) fez um levantamento no qual estimou que mais de 5 milhões de domicílios ocupados se encontram em áreas de aglomerados subnormais, relacionados à baixa renda das famílias e às condições inadequadas de habitabilidade. O cruzamento de dados da população com baixa renda *per capita* (faixa de renda de R\$ 270/mês) somou um percentual de 3,9% de brasileiros que residem em habitações inadequadas (IBGE, 2020b).

Materiais de reaproveitamento e materiais não duráveis são amplamente empregados nesse tipo de moradia considerada inadequada do ponto de vista de habitabilidade (IBGE (2020a). Percebe-se que as práticas construtivas empregadas se caracterizam pela adaptação ao seu contexto, que, de um modo geral, buscam encontrar melhores condições de moradia e de conforto para os indivíduos.

A partir desse cenário, esta pesquisa se desenvolveu baseada na aceitabilidade de moradores que vivem em moradias inadequadas revestidas internamente com embalagens Tetra Pak® nas paredes e no forro. O material reciclável vem sendo aplicado em moradias com

precariedade construtiva há mais de 10 anos em Passo Fundo/RS, através da atividade social que o projeto Brasil Sem Frestas realiza na cidade.

De um modo geral, essas moradias têm como principal característica as frestas entre as tábuas de madeira que formam as paredes e entre o encontro da parede com a cobertura. Dona Maria relata essa condição em uma reportagem à UPFTV (2019): “entra bastante vento frio e chuva pelas frestas”.

Essa técnica de adaptação construtiva possui grande aceitabilidade por parte dos moradores, conforme relata a beneficiada Jucelia na mesma reportagem: “não entra mais vento, era bastante frio e agora está bem mais quentinho” (UPFTV, 2019). Em reportagem do Jornal do Almoço (2021), a moradora Daiane, que vivenciou o antes e o depois do revestimento interno na sua casa, descreve: “era um frio que entrava dentro das frestas e aquilo arrepiava a gente dentro de casa”, [...] “agora ficou uma maravilha, uma diferença enorme, muito mais quentinho” (JORNAL DO ALMOÇO, 2021).

Observa-se que o emprego das embalagens Tetra Pak® como elemento construtivo nessas moradias precárias é considerado positivo por grande parte dos usuários, que percebem a mudança na condição térmica do ambiente interno após o isolamento das frestas.

Nesse sentido, destaca-se a importância desta pesquisa de avaliação do desempenho térmico em ambiente revestido com embalagens cartonadas, considerando o ponto de vista humano na avaliação dos dados.

Alguns estudos laboratoriais sobre as características térmicas das embalagens Tetra Pak® foram apresentados por Michels, Lamberts e Güths (2008a), Corso, Ferreira e Meneghini (2018), Krüger, Suetake e Matoski (2018). Estes estudos avaliaram o uso de embalagens Tetra Pak® como barreira radiante para fins de isolamento térmico a partir da escolha de locais controlados e manipulados pelos pesquisadores.

De um modo geral, os autores confirmaram que a presença do alumínio na superfície internada na embalagem é capaz de irradiar menos calor devido à baixa emissividade do material.

Os resultados encontrados nos estudos laboratoriais citados servem para direcionar a pesquisa com indivíduos e suas percepções térmicas com o ambiente revestido com as embalagens Tetra Pak®, a partir da identificação do comportamento térmico do material cartonado sob a influência das intempéries ambientais.

A partir desse delineamento, a pesquisa buscou responder aos seguintes questionamentos: *Qual é o comportamento térmico do ambiente ocupado revestido com embalagens Tetra Pak®? Em que intervalo de tempo são percebidas as mudanças térmicas no ambiente interno? Quais são as percepções térmicas dos moradores nos períodos climáticos mais significativos? Quais as estratégias utilizadas pelos moradores para minimizar o desconforto térmico?*

Um ambiente considerado em precariedade construtiva tende a sofrer demasiadamente com as mudanças climáticas que ocorrem no meio externo.

Assim, definiu-se um modelo de moradia para o estudo de caso, com o objetivo de avaliar o desempenho térmico de uma Moradia Precária revestida com embalagens Tetra Pak®.

Dentre os objetivos específicos, estão:

- a) Identificar as condições de conforto e desconforto térmico durante períodos de inverno e verão;
- b) Analisar as superfícies da envoltória que mais impactam termicamente no ambiente interno;
- c) Conhecer as condições climáticas do local nos períodos mais significativos;
- d) Identificar o comportamento térmico do ambiente interno frente às intempéries;
- e) Conhecer as percepções térmicas dos moradores.

A busca dos indivíduos pelo uso das embalagens Tetra Pak® para minimizar o desconforto térmico do ambiente interno corresponde a um modelo de estratégia apontado no trabalho de Nicol *et al.* (2020), ao demonstrar que indivíduos que vivem em ambientes naturalmente ventilados tendem a buscar por meios de adaptabilidade que considerem termicamente adequados, variáveis à medida que do que cada indivíduo entende como zona de conforto, assim como da sua capacidade de suportar as mudanças de temperatura.

Em relação à estrutura do trabalho, este se divide em cinco capítulos. Após este capítulo introdutório, o segundo capítulo destaca os aspectos teórico-conceituais sobre o tema, relacionados aos fatores ambientais e princípios físicos dos materiais construtivos. São apresentadas pesquisas sobre comportamento térmico das embalagens Tetra Pak®, conceitos teóricos sobre conforto térmico do modelo adaptativo e algumas pesquisas sobre conforto térmico realizadas em ambientes de vulnerabilidade habitacional.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, desenvolvida em três etapas que foram divididas entre pesquisas laboratoriais e pesquisas de campo.

No quarto capítulo são apresentados os resultados referentes ao comportamento térmico da moradia precária (estudo de caso), identificados pelos dados de saída das simulações computacionais, pelas medições em campo com equipamentos e pelas entrevistas realizadas com os moradores.

Por fim, no quinto capítulo descreve-se as conclusões do trabalho, as limitações de pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão da literatura são descritos os fatores ambientais que influenciam no desempenho térmico da edificação e as formas de transferência de calor por radiação entre superfícies, uma revisão de trabalhos sobre embalagens Tetra Pak® como isolamento térmico, além de uma breve abordagem sobre as moradias provisórias e a temática de conforto térmico.

Ainda, o capítulo descreve os principais conceitos e parâmetros de avaliação sobre conforto térmico do modelo adaptativo.

### 2.1 DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO

De acordo com Lamberts *et al.* (2010), o comportamento térmico é caracterizado pela resposta física da edificação aos condicionantes climáticos, enquanto a avaliação de desempenho térmico atende a parâmetros de referência baseados nas exigências dos usuários.

As propriedades térmicas dos elementos construtivos da envoltória e a capacidade de transferência de calor entre superfícies influenciam no equilíbrio térmico do ambiente a partir da interferência dos condicionantes ambientais na edificação (ORDENES; LAMBERTS; GÜTHS, 2008) (LAMBERTS *et al.*, 2010).

Os fluxos de calor transmitidos pelas vedações estão atrelados aos materiais construtivos e à capacidade térmica de controlar as variáveis ambientais que incidem na edificação, face à sua exposição à insolação e à ventilação (LAMBERTS *et al.*, 2010).

As variáveis ambientais como temperatura, umidade e velocidade do ar são consideradas condicionantes não controláveis e a avaliação de desempenho térmico inclui o modo que os indivíduos passam a manipular o ambiente para adequar-se termicamente a ele, de acordo com a sua percepção e satisfação térmica (LAMBERTS *et al.*, 2016).

#### 2.1.1 Temperatura

A temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico e sua definição se refere à temperatura ao redor do corpo humano.

Segundo Corbella e Yannas (2009), temperatura é uma indicação relativa, contudo a sensação térmica dos indivíduos é uma resposta do movimento físico de equilíbrio de energia térmica que depende do quão rapidamente se retira ou se entrega calor à pele.

Quando há uma diferença de temperatura entre o corpo e o ar, existe uma troca de energia térmica entre eles, buscando o equilíbrio, que acontece em menores perdas quando a

temperatura do ar está mais alta do que a do corpo, ou em maiores perdas quando a temperatura do ar está mais baixa (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Em um ambiente construído, a temperatura do ar sobe quando ocorre a troca de energia térmica entre a superfície mais quente para a mais fria (CORBELLA; YANNAS, 2009).

A compreensão do fenômeno da transferência de energia térmica entre corpos (sejam eles sólidos ou fluidos), quando atrelado às características térmicas dos elementos componentes de uma edificação, possibilita identificar o comportamento térmico do sistema (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

### **2.1.2 Umidade Relativa do Ar**

No que se refere aos condicionantes de conforto térmico, Lamberts *et al.* (2016) descrevem que, quanto maior for a umidade relativa do ar, menor será a eficiência na evaporação e remoção do calor.

Em altas umidades relativas, torna-se mais difícil a evaporação do suor da pele, aumentando a sensibilidade térmica ao calor e à sensação de desconforto térmico, a exemplo dos climas de vales que são considerados frios no inverno e quentes e abafados no verão, diferentemente do ar seco, no qual as perdas de calor do corpo continuam mesmo com as temperaturas elevadas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014) (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Além disso, a umidade relativa do ar é variável ao longo do dia e a pressão de vapor de água pode mudar de ambiente para ambiente, em maiores concentrações em locais como porões e cozinhas muito úmidas (ASHRAE55, 2017) (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

### **2.1.3 Ventilação**

A ventilação adequada do ambiente interno permite reduzir as impurezas indesejáveis, principalmente no período do inverno, mas, além disso, é uma importante estratégia passiva de resfriamento no verão, visto que ocorrem trocas térmicas entre o corpo e o ambiente, diminuindo o excesso de calor acumulado no interior do ambiente, o resfriamento da estrutura e dos componentes do edifício e removendo o excesso de vapor d'água do ar interno por evaporação (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A identificação da orientação do vento incidente no terreno permite implementar estratégias de projeto para proporcionar uma ventilação adequada do ambiente interno, favorecendo as trocas térmicas entre as superfícies do ambiente e do corpo com o ambiente, o que passa a ser uma importante estratégia de resfriamento, principalmente em ambientes que

não dispõem de mecanismos artificiais de ventilação.

## 2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO

Os componentes construtivos de uma edificação possuem a capacidade de absorver, refletir e ou transmitir energia incidida na superfície por radiação térmica. O tipo de fechamento e os materiais que o compõem definem o comportamento de cada sistema, sejam eles fechamentos opacos ou fechamentos transparentes, aumentam ou minimizam as trocas térmicas entre as superfícies.

O mecanismo de transferência de calor por radiação associa-se à propagação por ondas eletromagnéticas, sendo a radiação solar como uma das principais fontes de calor, contribuindo para o ganho térmico do ambiente interno através de ondas de radiação térmica direta (onda curta) ou difusa (onda longa) (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Das superfícies que envolvem a edificação, o maior ganho térmico ocorre pela superfície da cobertura, onde parte da radiação que incide sobre a superfície das telhas é refletida, parte é perdida por convecção e irradiação para o ambiente externo, e parte é absorvida pelo material e transmitida ao ambiente interno da edificação por condução, conforme os componentes construtivos da estrutura e suas propriedades (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008a) (KRÜGER; SUETAKE; MATOSKI, 2018).

Um sistema de isolamento térmico pode se dar pelo aumento da resistência térmica da edificação quando se busca diminuir a transferência de calor por condução, mas também minimizando a transferência de calor por radiação utilizando materiais de isolamento (FERREIRA, 2017).

Em um estudo realizado em ambientes não controlados, Walikewitz *et al.* (2015) observaram que as paredes de um ambiente também podem apresentar diferenças nas temperaturas das superfícies devido ao fluxo da radiação solar não uniforme, pelo tempo de exposição das superfícies e intensidade da radiação de calor nas superfícies.

No que se refere ao sistema de isolamento térmico por radiação, observa-se que uma das principais características deste sistema é o uso de materiais reflexivos como pinturas especiais e o emprego de materiais metálicos como o alumínio, sendo este o principal material reflexivo empregado em mantas para isolamento térmico (RIMA,2002).

As folhas de alumínio por exemplo, são materiais mais comumente utilizados em sistemas de isolamento térmico devido as suas propriedades térmicas de baixa emissividade,

característica que permite minimizar o fluxo da radiação de calor entre as superfícies, e por isso podem ser eficientes no controle térmico (RIMA, 2002; QUEVEDO; MELO; LAMBERTS, 2021).

Materiais com baixa emitância térmica podem ser classificados como sistemas de barreiras radiantes ou isolamento reflexivo, a depender da configuração da instalação no sistema de isolamento instalado na edificação (MICHELS, 2018) (QUEVEDO; MELO; LAMBERTS, 2021).

De acordo com a Associação Internacional de fabricantes de Isolamento Refletivo (Reflective Insulation Manufactures Association International - RIMA), o conceito de barreira radiante consiste em um sistema composto por material reflexivo com face radiante voltada a um espaço aberto, ao contrário do conceito de isolamento reflexivo, que é caracterizado por um modelo fechado de isolamento, composto por material reflexivo e com resistência térmica que pode ser mensurável, como por exemplo a aplicação de mantas com superfície aluminizada entre as telhas e o forro (ou laje) da edificação, que forma uma barreira com resistência térmica na transferência de calor entre superfícies (MICHELS, 2018).

As barreiras radiantes ou isolamentos reflexivos são eficazes na redução do fluxo de calor e na temperatura do ar do ambiente, devido ao maior poder de radiação de calor em relação à menor emissão de calor para a superfície adjacente (LEE et al., 2016) (MICHELS, 2007; 2018).

As embalagens Tetra Pak®, por exemplo, têm sido aplicadas como barreira radiante em habitações de baixa renda, a fim de reduzir o ganho de calor proveniente da cobertura (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008a).

No Brasil, a grande maioria das habitações de baixa renda utiliza telhas de cimento amianto (fibrocimento) como cobertura e muitas delas não possuem isolamento adequado que possibilite reduzir a transferência de calor da cobertura para o ambiente interno, o que torna as embalagens cartonadas um material de isolamento térmico acessível para essas habitações (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008b).

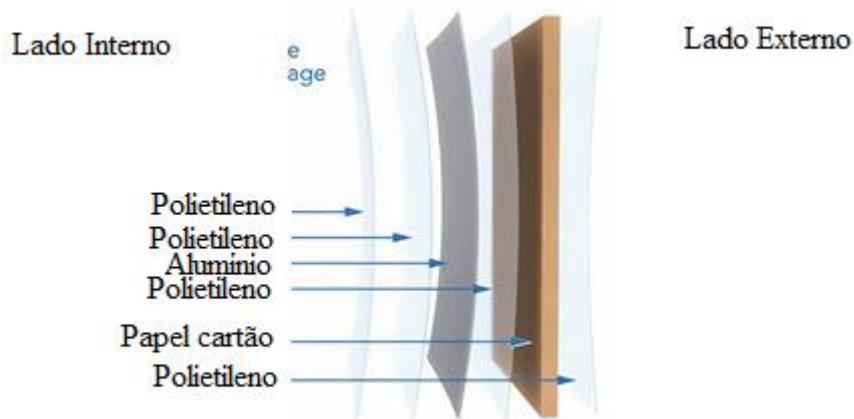
A melhoria do desempenho térmico da edificação contribui não somente para o estado de conforto térmico dos indivíduos, mas também possibilita a redução no consumo energético de uma edificação, reduzindo o uso de equipamentos elétricos para controle das temperaturas do ambiente.

### 2.3 ESTUDOS COM EMBALAGENS TETRA PAK®

A estrutura das embalagens impede o processo adequado de reciclagem e, na maioria dos processos atualmente, é reutilizado apenas o papel, deixando como resíduos as camadas de polietileno (polímero) e o alumínio (PAULETTI *et al.*, 2021).

O alumínio está presente nas embalagens Tetra Pak®, que possui uma fina camada de revestimento voltado para o lado interno da embalagem (5%), envolvido por camadas de polietileno – total de 24% de sua composição – mais 71% de papel cartão, que dá estabilidade à caixa, como mostra a Figura 1 (TETRA PAK, 2020).

Figura 1 - Composição das embalagens Tetra Pak®



Fonte: Tetra Pak, 2020. Tradução nossa.

A análise sobre as propriedades de emissividade das embalagens Tetra Pak® foi realizada na pesquisa de Santos (2019), que observou o fluxo de radiação térmica e os padrões de distribuição de calor pelo método de termografia (imagens térmicas).

As análises utilizaram equipamentos como câmera termográfica, sensor de temperatura e estufa para aquecimento de três placas das embalagens, a uma temperatura de aproximadamente 120°C por cerca de 30 minutos.

O resultado da emissividade das embalagens foi calculado pelo desvio de erro entre a diferença de temperatura superficial estimada e a temperatura superficial obtida com as medições, e os resultados convergem com as pesquisas de Vittorino, Sato e Akutsu (2003) atingindo a média de 0,0502 de emissividade (SANTOS, 2019).

Outros estudos investigaram a capacidade térmica do material quanto à transferência de calor entre superfícies revestidas com embalagens Tetra Pak® para fins de isolamento térmico.

A pesquisa de Michels, Lamberts e GÜths (2008b), por exemplo, analisou a transferência de calor de barreiras radiantes aplicados na cobertura, a partir da relação entre a resistência térmica dos elementos construtivos, incluindo as câmaras de ar e materiais isolantes térmicos e as trocas de calor entre as superfícies.

Na pesquisa de campo, foram analisados e comparados seis modelos de barreiras radiantes encontradas no mercado da construção civil, incluindo dois modelos de mantas formadas por embalagens Tetra Pak®.

Os dados foram registrados a partir da instalação de transdutores de fluxo de calor (energia de calor/área) e termopares (temperaturas superficiais e do ar) instalados abaixo da barreira radiante da cobertura com telha cerâmica de uma edificação, considerando os dias de maior radiação solar incidente nas superfícies durante as estações de inverno e verão.

Como resultados, atingiu-se 42% de redução da transferência de calor das embalagens Tetra Pak® para o interior do ambiente, quando comparado com o modelo sem isolamento, e uma diferença de temperatura de mais de 20°C entre a telha e o forro registrada nos horários de pico pelos equipamentos em campo (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008b).

Identificou-se também que a retirada da camada de polímero que protege o alumínio nas embalagens cartonadas otimizou o desempenho da manta, diminuindo a emissividade da radiação de calor em comparação ao material protegido pelo polímero (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008b).

De acordo com os autores, a presença de uma barreira radiante aliada à construção de uma câmara de ar na cobertura aumenta a resistência térmica da estrutura, reduzindo a transferência de radiação de onda longa, que acontece no sentido oposto à emissão de calor, em que a temperatura superficial do ambiente está mais quente do que a do ambiente externo (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008b).

De um modo geral, as maiores diferenças de temperatura foram observadas no período com maiores temperaturas e maior incidência da radiação solar. As embalagens cartonadas obtiveram um desempenho superior a alguns modelos comerciais de mantas térmicas, reduzindo em mais de 26°C a temperatura da superfície externa da telha comparada à temperatura interna (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008a).

Além disso, observou-se uma redução nas perdas de calor durante a noite, o que pode ser desejável no inverno para a região sul do Brasil (MICHELS; LAMBERTS; GÜTHS, 2008a).

A pesquisa de Jahnke (2006) analisou o fluxo de calor de uma cobertura a partir de ensaios em laboratório com a utilização de manta de isolamento com embalagens Tetra Pak®. Os modelos com as mantas foram posicionados com a superfície aluminizada voltada para baixo (barreira radiante) com a simulação da radiação solar na cobertura.

Neste ensaio, verificou-se a diminuição no fluxo de calor de até 73% na eficiência térmica do modelo revestido com as embalagens cartonadas quando comparado com o modelo sem a manta (JAHNKE, 2006).

Além disso, verificou-se uma diminuição do fluxo de calor entre as superfícies quando retirado o plástico de proteção que envolve a película aluminizada da embalagem, aumentando em mais de 10% a eficiência térmica do material (JAHNKE, 2006).

Em outra pesquisa sobre análise de desempenho térmico de coberturas, Corso, Ferreira e Meneguini (2018) construíram células testes que recriam as condições ambientais de uma moradia. As coberturas foram montadas com telhas de fibrocimento e aluzinco, ambas com isolamento com embalagens Tetra Pak®, além de outros modelos como com aluzinco e poliestireno, com telha de cerâmica e de concreto.

Comparou-se a diferença de temperatura interna dos protótipos em relação as temperaturas das superfícies externas a partir da incidência de radiação de radiação de calor.

O desempenho do modelo com a aplicação das embalagens Tetra Pak® foi comparado com os protótipos sem o isolamento. Os resultados demonstraram uma diminuição de até 2,62°C de temperatura de superfície no protótipo com a manta de Tetra Pak® comparado com o modelo sem as placas cartonadas aplicadas (CORSO; FERREIRA; MENEGHINI, 2018).

Na pesquisa de Krüger, Suetake e Matoski (2018), comparou-se o comportamento térmico de guaritas de fibra de vidro com isolamento térmico utilizando as embalagens Tetra Pak® em diferentes configurações, como como barreira radiante (face aluminizada para baixo,) como isolamento refletivo (face aluminizada voltada para cima) e em dupla configuração, além da análise de uma manta comercial e outra configuração com poliestireno expandido (EPS) de 50mm.

A análise se deu a partir da comparação entre as diferenças de temperatura do ar e temperatura das superfícies de cobertura entre a guarita com os materiais de isolamento (experimental), uma guarita controle (sem revestimento) e com as temperaturas externas, durante os períodos entre as transições de outono-inverno e primavera-verão.

Na cobertura foi adicionada uma estrutura de madeira que formou uma câmara de ar não ventilada de 0,10 m de espessura e a fixação das mantas de isolamento térmico conforme cada configuração de teste.

Durante o período das medições de outono-inverno, ocorreu pouca variação das temperaturas do ar e da superfície, comparando com as cabines e o ambiente externo. Nas mantas formadas pelas embalagens Tetra Pak® em diferentes configurações, observou-se uma variação média de 0,5°C de temperatura entre a cabine revestida e a temperatura do ar e entre as temperaturas de superfície (KRÜGER; SUETAKE; MATOSKI, 2018).

No período de medições entre a transição das estações de primavera/verão, as temperaturas do ar interno atingem níveis de estresse térmico em ambas as cabines. Observou-se um atraso térmico na cabine experimental, com os picos de temperatura registrados entre as 15hs (KRÜGER; SUETAKE; MATOSKI, 2018).

A configuração com isolamento de dupla camada de Tetra Pak® (barreira radiante e isolamento reflexivo) atingiu o melhor desempenho entre as configurações analisadas, apresentando uma diferença de -2,4°C das temperaturas do ar entre as guaritas (controle e experimental), enquanto, na configuração com barreira radiante, a diferença foi de -1,8°C e com isolamento refletivo de -1,5° C (KRÜGER; SUETAKE; MATOSKI, 2018).

Os resultados analisados por Krüger, Suetake e Matoski (2018) demonstraram que as maiores reduções no fluxo de calor ocorreram em períodos de primavera-verão, apresentando maior controle térmico nos períodos mais quentes se comparado às análises realizadas durante baixas temperaturas, conforme também demonstra a pesquisa de Michels, Lamberts e Güths (2008a).

Além disso, os resultados de desempenho com dupla camada das embalagens Tetra Pak® corroboram com as pesquisas de Vittorino, Sato e Akutsu (2003) que também observaram um melhor desempenho térmico das embalagens quando aplicadas na configuração de dupla camada com a superfície aluminizada voltada para o interior do ambiente.

Importante destacar que Vittorino, Sato e Akutsu (2003) e Michels (2007) identificaram uma diminuição na efetividade da barreira radiante pelo acúmulo de poeira, aumentando a emissividade do material e reduzindo a eficiência térmica e o controle térmico do ambiente.

## 2.4 AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO DE AMBIENTES NATURALMENTE VENTILADOS

Existem duas abordagens para avaliações de conforto térmico. O modelo conhecido como Estático, preconizado por Ole Fanger (apud LAMBERTS *et al.*, 2011) considera o homem como um simples receptor passivo do ambiente térmico, modelo que é incapaz de levar em conta os fatores sociais e climáticos das pesquisas de campo (NICOL; HUMPHREYS e ROAF, 2002) (LAMBERTS *et al.*, 2011).

O modelo conhecido como Adaptativo, proposto por Michael Humphreys (apud LAMBERTS *et al.*, 2011), assume que as pessoas se adaptam termicamente ao ambiente onde estão inseridas por meio de ações que buscam ajustar e equilibrar o corpo com o ambiente térmico (LAMBERTS *et al.*, 2011).

O conceito de conforto térmico Adaptativo é determinado pelas diferentes experiências dos indivíduos com o clima, seu comportamento e expectativas com o ambiente térmico relacionado às condições climáticas e de desempenho da edificação (NICOL; HUMPHREYS, 2012) (LAMBERTS *et al.*, 2016).

O modelo adaptativo relaciona as temperaturas internas e externas através de uma avaliação no comportamento dos indivíduos no desenvolvimento de suas atividades cotidianas, sem a interferência do pesquisador, pois este modelo de análise de conforto entende que o indivíduo não é um receptor passivo do ambiente térmico, mas sim um agente ativo que desempenha uma relação direta com o ambiente, a fim de atender suas próprias preferências térmicas (DE DEAR; BRAGER, 2001) (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Esse conjunto de variáveis que expressam as preferências térmicas (conforto térmico) de cada indivíduo é baseado na Temperatura Operativa (TO), uma medida que combina a temperatura do ar com a temperatura média radiante (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

De acordo com De Dear e Brager (2002), os parâmetros de aceitabilidade e de resistência térmica do indivíduo com o meio ambiente são maiores naqueles que vivem ou trabalham em ambientes naturalmente ventilados, já que esses indivíduos tendem a tolerar mais facilmente a variabilidade do clima quando comparados com indivíduos que vivem em espaços termicamente controlados.

As ações individuais de equilíbrio térmico do corpo com o ambiente são representadas, por exemplo, pela operabilidade de aberturas para ventilação no calor, assim como pelo isolamento de paredes, pisos e coberturas contra o frio (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

O desequilíbrio no balanço de calor entre o corpo e o ambiente e o esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico interferem na sensibilidade do indivíduo ao que considera como conforto térmico (LAMBERTS *et al.*, 2011).

O restabelecimento do equilíbrio térmico em situações nas quais há desconforto se altera de modo que os indivíduos procuram interagir com o ambiente de acordo com suas preferências buscando a satisfação térmica (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012) (DE DEAR; BRAGER, 2001).

Uma das normativas mais utilizadas para avaliação de conforto térmico do modelo adaptativo atualmente é da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE 55* - que integra os fatores térmicos ambientais e fatores individuais como determinantes para a avaliação de conforto do ambiente (ASHRAE 55, 2017).

O objetivo geral da normativa estabelece parâmetros de desempenho e de conforto térmico de ambientes internos que não utilizam mecanismos artificiais de controle, a partir do conceito de que conforto térmico é a satisfação expressada pelos indivíduos com o ambiente através de uma avaliação subjetiva de fatores fisiológicos e psicológicos variável a cada pessoa, relacionado aos fatores ambientais (ASHRAE 55, 2017).

#### **2.4.1 Fatores individuais e ambientais no conforto térmico**

A avaliação dos fatores individuais no conforto térmico pode incluir a identificação das características intrínsecas humanas como idade, sexo, peso e a relação desses fatores na sensação e percepção térmica e a forma de interação com o ambiente (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012). Estes fatores individuais compreendem o metabolismo gerado pela atividade humana, a resistência térmica oferecida pela vestimenta que protege o corpo das condições térmicas do ambiente a partir da avaliação de cada indivíduo (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Os fatores ambientais avaliados consideram a temperatura do ar, a temperatura radiante e os fluxos de calor da envoltória, umidade do ar e velocidade do ar do ambiente interno e suas variações em relação ao ambiente externo, dados esses que devem retratar os condicionantes climáticos típicos do local (ASHRAE 55, 2017) (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

Os dados de temperatura do ar interna representam as horas de ocupação e controle térmico do ambiente de maior permanência pelos moradores a partir da comparação com as variáveis externas e desempenho do edifício (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

## 2.5 CONDIÇÕES TÉRMICAS DE MORADIAS PRECÁRIAS

Este capítulo da revisão bibliográfica abrange pesquisas sobre as condições térmicas de abrigos com caráter provisório e as formas de adaptação dos indivíduos ao meio que estão inseridos.

O estudo desenvolvido por Thapa, Rijal e Shukuya (2018) teve como objetivo estimar o nível de aceitabilidade térmica de moradores que vivem em abrigos temporários no Nepal e avaliar as condições térmicas dos abrigos nos períodos de outono, inverno e verão.

Os abrigos selecionados para os testes foram construídos com folhas de zinco e lona e outros materiais locais como o bambu, tecidos tipo juta e papelão. Diferenciavam-se nas dimensões e orientação das aberturas para ventilação e iluminação natural.

Os parâmetros avaliados de temperatura interna, temperatura de superfície, umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa externa mostram que a amplitude térmica apontada no meio externo também ocorreu no ambiente interno. Além disso, as entrevistas com os moradores relataram a insatisfação com o desempenho térmico dos abrigos, situação que se agrava durante os períodos mais extremos no verão com o calor e no inverno com o frio (THAPA; RIJAL; SHUKUYA, 2018).

Contudo, de acordo com os autores, cerca de 80% das pessoas entrevistadas consideraram como zona de conforto a amplitude térmica entre 11°C no inverno e 30°C no verão, demonstrando maior aceitabilidade quanto às condições térmicas dos indivíduos que vivem em ambientes naturalmente controlados (THAPA; RIJAL; SHUKUYA, 2018).

Outro estudo desenvolvido por Thapa *et al.*, (2019) observou que as estruturas pré-fabricadas fornecidas como abrigos emergenciais são suscetíveis às mudanças das temperaturas externas. A maior perda de calor aconteceu no período da noite, chegando a temperaturas inferiores a 11°C em mais de 50% do tempo no período noturno, temperatura considerada como referência mínima de aceitabilidade térmica.

De acordo com os autores, os percentuais de conforto puderam ser otimizados quando aplicados outros materiais para o isolamento da estrutura, como o polietileno celular, atingindo temperaturas acima de 11°C em mais de 70% das horas noturnas (THAPA *et al.*, 2019).

Albadra, Coley e Hart (2018) também avaliaram as condições térmicas de abrigos emergenciais em estrutura metálica pré-fabricada, porém com isolamento de espuma de poliuretano. Os abrigos localizados em campos de refugiados de Azraq e Zaatari, na Jordânia,

foram monitorados dentre os períodos mais extremos do inverno e verão, através dos dados de temperatura e umidade internos e externos dos abrigos.

A maioria das famílias realizaram algumas adaptações na estrutura física dos abrigos, buscando minimizar as condições de desconforto térmico com o calor. A Figura 2 mostra a construção de pátios semiabertos como área externa de permanência para os dias mais quentes do verão.

Figura 2 - Abrigos emergenciais na Jordânia - adaptação do projeto feita pelos moradores



Fonte: ALBADRA; COLEY; HART (2018).

Foram também observadas outras adaptações de projeto, como a mudança de localização das aberturas para melhor ventilação do ambiente interno e a possibilidade de isolamento da abertura no inverno.

Mesmo com as alterações na estrutura dos abrigos, os resultados apresentaram baixo desempenho térmico e a insatisfação dos moradores quanto às condições térmicas do ambiente (ALBADRA; COLEY; HART, 2018).

De um modo geral, observa-se que as estruturas fornecidas como abrigos provisórios não possuem condições térmicas mínimas de conforto, visto as adaptações construtivas realizadas pelos moradores para maior adaptabilidade ao ambiente.

Além disso, nota-se que os parâmetros de aceitabilidade térmica de indivíduos que vivem em locais naturalmente controlados tendem a suportar maiores amplitudes térmicas (THAPA; RIJAL; SHUKUYA, 2018), como demonstrado nas pesquisas de De Dear e Brager (2002) quanto à maior capacidade de resistência térmica dos indivíduos que vivem ou trabalham em ambientes naturalmente ventilados.

É o que também mostra no estudo de Nicol *et al.*, (2020) que indivíduos que permanecem nos ambientes internos não controlados necessitam buscar por formas de

adaptação térmica para se sentirem em condições mais adequadas de conforto, como o uso de ventiladores para resfriamento, bem como o uso de roupas para aquecer o corpo.

Entende-se que o conceito de aceitabilidade térmica é variável a cada indivíduo conforme sua sensibilidade quanto ao ambiente térmico e seu comportamento para adequar-se a ele a partir do que se busca estar em uma zona de conforto (RUPP *et al.*, 2019) (NICOL *et al.*, 2020).

De acordo com Nicol, Humphreys e Roaf (2002), os limites de conforto estão relacionados tanto à sua experiência térmica quanto à sua experiência fisiológica, afetados pelo clima, pelo contexto social, cultural e econômico.

As pesquisas sobre as moradias emergenciais e as condições térmicas dos ambientes apresentam características similares ao objeto deste estudo, no que diz respeito ao uso temporário de um local como moradia, assim como pelas formas de adaptação dos moradores com o ambiente térmico.

Essas moradias são feitas na grande maioria com estruturas metálicas pré-fabricadas, de baixa capacidade térmica e com padrões construtivos limitados, não sendo adequadas para um período de ocupação prolongada, visto que são moradias que estão submetidas à variabilidade do clima, dentre outros condicionantes.

Devido as baixas condições térmicas deste tipo de habitação, os moradores buscam por alternativas de adaptabilidade e de conforto com o ambiente, a exemplo do uso das embalagens Tetra Pak em moradias construídas com madeira de reaproveitamento, objeto deste estudo.

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho de pesquisa se caracteriza como uma pesquisa empírica, de natureza qualitativa, do tipo exploratória sobre um estudo de caso definido por conveniência. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas de acordo com o organograma da Figura 3.

Figura 3 - Organograma da metodologia de pesquisa



Fonte: A autora (2022)

Na primeira etapa, definiu-se o modelo da moradia como estudo de caso. A escolha do local de estudo se deu por intermédio do Projeto BSF e a facilidade de acesso ao local.

Após essa definição, foram selecionados os materiais para a revisão bibliográfica e documental a respeito da temática da pesquisa.

Na segunda etapa, foram identificadas as condições de aceitabilidade térmica da moradia e as temperaturas das superfícies da sua envoltória por meio de simulações computacionais com o *software Energy Plus v. 8.7*.

Além disso, a segunda etapa também inclui a realização das medições em campo das temperaturas e umidade relativa do ar do ambiente interno e externo durante os períodos de inverno e verão, assim como entrevista com os moradores sobre suas percepções térmicas nesses períodos.

A terceira etapa apresenta os resultados simulados, os dados coletados em campo em

ambas as estações climáticas (variáveis ambientais) e o comportamento térmico da moradia precária nos períodos críticos.

Na terceira etapa inclui-se também as respostas dos moradores quanto às suas percepções sobre o ambiente térmico e as estratégias de adaptação utilizadas por eles, e por fim, um capítulo destinado à discussão entre os resultados encontrados com os diferentes instrumentos desta pesquisa e a relação com os resultados das pesquisas referenciadas.

### 3.1 ESTUDO DE CASO - CARACTERIZAÇÃO DA MORADIA PRECÁRIA

A moradia precária escolhida como estudo de caso foi determinada a partir da aceitabilidade da família em participar da pesquisa, assim como pela facilidade de acesso à área da ocupação.

Além disso, a escolha da moradia se deu pelo seu modelo de revestimento interno ideal, pois toda a estrutura interna foi revestida com as embalagens Tetra Pak® antes da instalação do mobiliário e da ocupação pelos moradores, o que permite maior fidelidade na avaliação do modelo.

#### 3.1.1 Descrição da área da Ocupação Bela Vista

A moradia localiza-se em uma área de ocupação irregular na cidade de Passo Fundo/RS, situada próxima ao centro urbano e a bairros em expansão de ocupação residencial regulares. A área de ocupação irregular denominada ocupação Bela Vista tem cerca de 150 famílias instaladas no local. Essas famílias vivem em habitações desprovidas de infraestrutura básica, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário adequado e instalações elétricas regulares. Na Figura 4 é possível observar as características gerais da referida ocupação.

Figura 4 - Ocupação irregular Bela Vista



Fonte: A autora (2021)

A área da Ocupação está circundada por uma Área de Preservação Permanente (APP),

com vegetação de grande porte no entorno do principal aflente (Rio Passo Fundo). O acesso principal à ocupação se dá por uma via principal que liga a área central aos bairros periféricos. Na Figura 5 é possível observar o entorno urbano e a localização da Habitação.

Figura 5 - Área do entorno urbano da Ocupação Bela Vista



- Área de Preservação Permanente
- Área da Ocupação Bela Vista
- Área de Condomínio Residencial – Edificações em altura  
Objeto de Estudo
- Zona de edificações residenciais térreas regulares (máx. 2 pavimentos)

A tipologia das edificações do entorno da ocupação é majoritariamente residencial, com no máximo dois pavimentos de altura, exceto os blocos verticais construídos em um terreno oposto à ocupação, com vários blocos em grande altura, como mostra a Figura 3.

Todas as moradias construídas na Ocupação são edificações térreas, dispostas em terrenos e quadras regulares e com vias de circulação entre as quadras. Esta disposição regular e afastamento entre as casas favorece a circulação das correntes de vento por entre os espaços construídos.

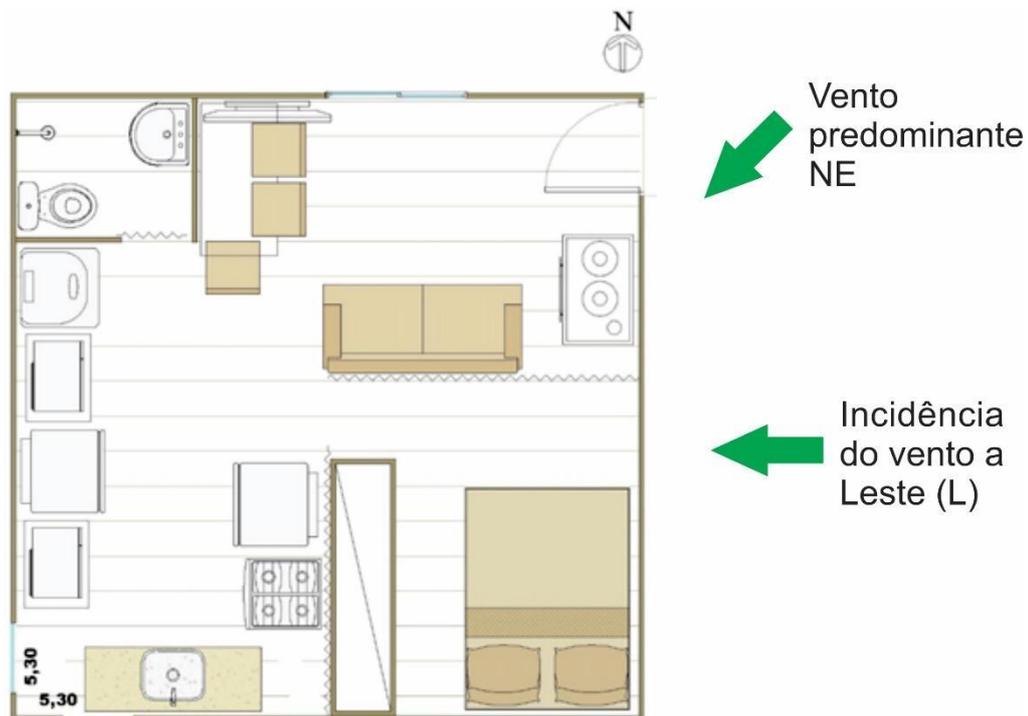
### 3.1.2 Características construtivas da Moradia Precária

Após o reconhecimento do local, realizou-se o levantamento das dimensões da edificação e a verificação dos condicionantes ambientais do entorno. Identificou-se também a ocupação do ambiente por três pessoas adultas e uma criança.

A moradia escolhida possui dimensões de 5,30m x 5,30m (área total de 28,09m<sup>2</sup>), 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, enquanto a única parede de divisória da casa delimita o banheiro – divisória de madeira (Figura 6).

Figura 6 - Planta ilustrativa da moradia precária



Fonte: A autora (2021)

O mobiliário é adaptado conforme as paredes mais adequadas para instalações, com um fogão à lenha instalado próximo à porta de acesso.

Sua fachada principal está voltada à orientação Norte, com uma janela principal de vidro e aço com sistema de abertura de correr, servindo de abertura principal para iluminar e ventilar o espaço interno.

Outra abertura principal de iluminação e ventilação da casa é a porta de acesso de

madeira semi-oca, orientada à fachada Leste.

Existem duas aberturas transparentes na área da cozinha, com mecanismo de controle de abertura limitado para ventilação, adaptadas de uma moldura de madeira e fechamento em acrílico transparente. A planta ilustrativa (Figura 6) mostra a proximidade entre as principais aberturas de ventilação que, pela proximidade entre elas, dificultam a renovação do ar no ambiente interno.

Os materiais construtivos utilizados são a madeira de reaproveitamento para paredes externas e uma única divisão interna do banheiro, com espessura de uma polegada (25,4mm). Na cobertura são utilizadas telhas de fibrocimento e a janela é de aço e vidro simples de 3 mm (Figura 7).

Figura 7 - Fachada Principal



Fonte: A autora (2021)

Figura 8 - Vista interna da moradia



Fonte: A autora (2021)

As Figura 7 e 8 mostram a fachada externa e o interior da edificação com a aplicação das embalagens cartonadas como revestimento interno e o piso executado com madeira não aparelhada sem revestimento, favorecendo a troca térmica entre o piso interno e o solo natural.

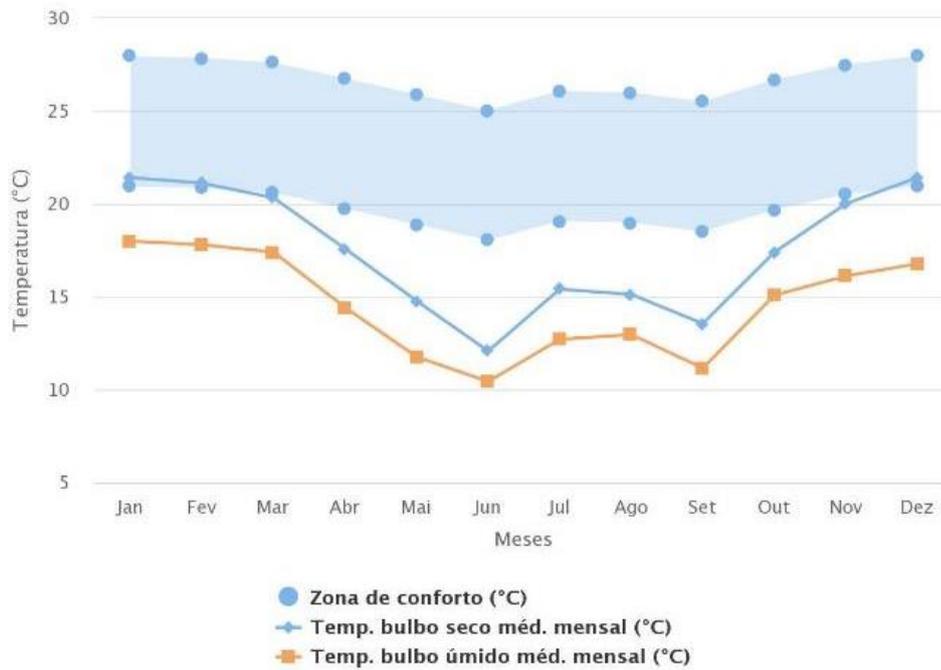
Para facilitar as instalações nas casas, os voluntários do Projeto BSF (2020) desenvolveram uma modulação das embalagens com 0,30m de largura x 1,10m de comprimento, que é grampeado sobre um quadro de ripas de madeira com 0,015cm de espessura.

### 3.1.3 Características do clima

Sobre o contexto climático, 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 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), o mês de julho possui médias de temperaturas mais baixas (12,4°C) e o mês de janeiro com as médias de temperatura mais alta no ano (22,4°C).

As variações de temperatura média de bulbo seco e bulbo úmido no ano são apresentadas no Gráfico 1 de acordo com os dados históricos climáticos, além da identificação da zona de conforto pelos parâmetros da normativa ASHRAE55 para a cidade de Passo Fundo/RS.

Gráfico 1 - Temperaturas médias mensais de bulbo seco e úmido e temperatura operativas da zona de conforto para Passo Fundo/RS



Fonte: PROJETEE (2021)

Destaca-se as linhas azul e laranja de ambas as marcações de temperatura abaixo da zona de conforto quase que em toda a totalidade do ano.

No Gráfico 2 e no Gráfico 3 é possível observar as características dos fatores ambientais, como o vento e umidade relativa do ar do município de Passo Fundo/RS.

A orientação dos ventos é predominantemente a Nordeste e a velocidade média registrada entre 2 e 4 m/s, conforme Gráfico 2 (INMET, 2022; PROJETEEE, 2021).

Gráfico 2 – Velocidade, frequência e direção do vento

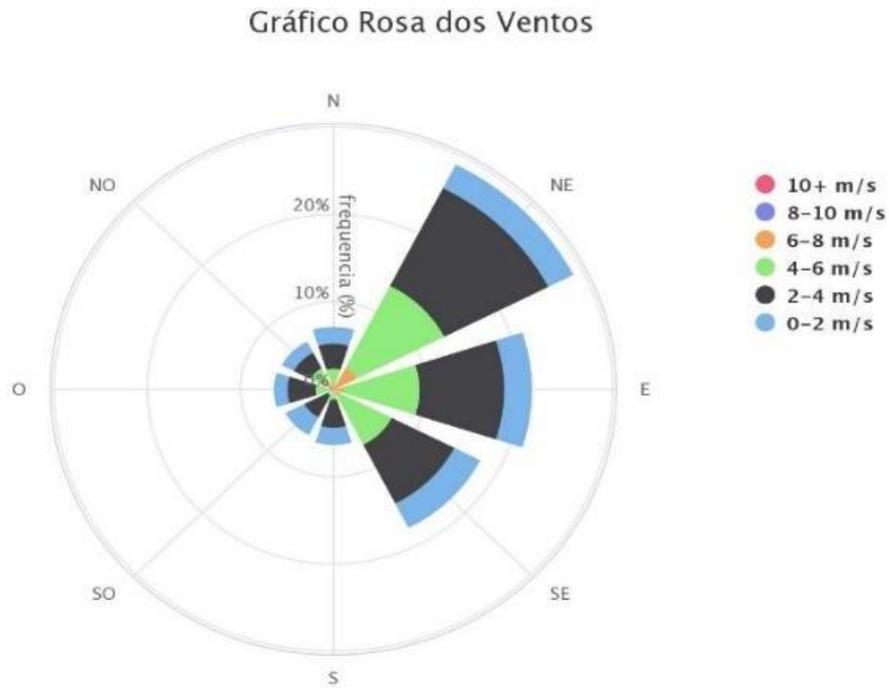
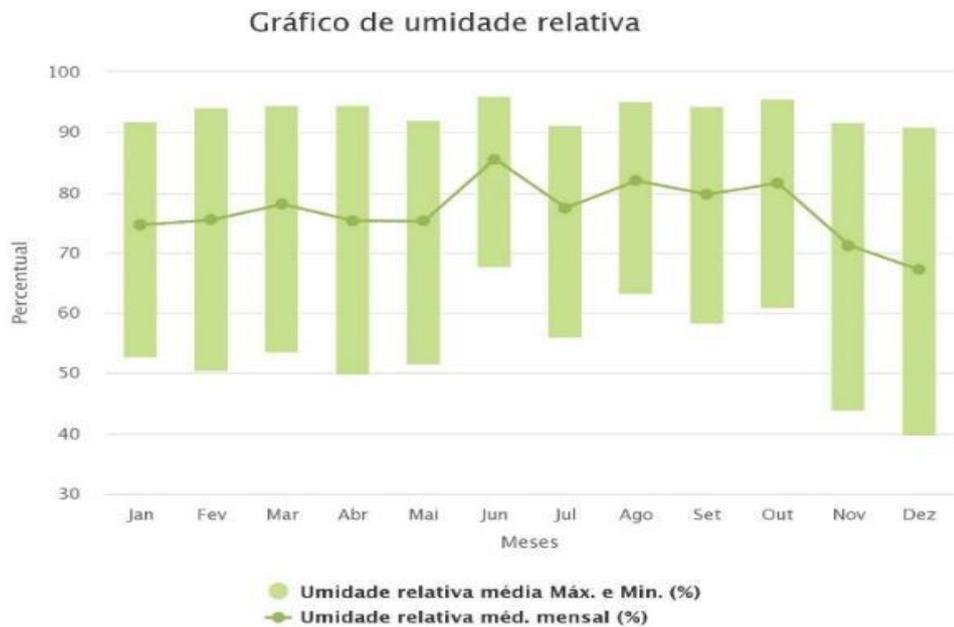


Gráfico 3 - Faixa percentual da umidade relativa do ar



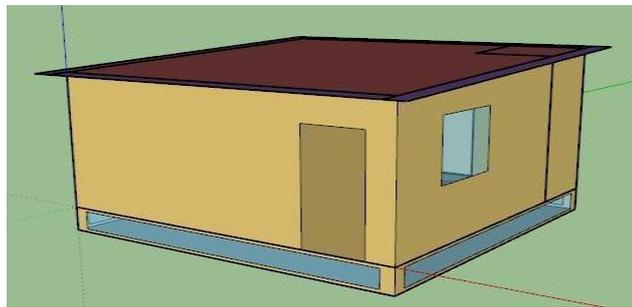
O Gráfico 3 demonstra a variabilidade da umidade relativa do ar no ano, proporcionalmente à elevação das temperaturas no período do verão, e menor variabilidade no inverno, porém com valores médios atingindo 78% no mês de junho (INMET, 2022b).

### 3.2 ETAPA 1: SIMULAÇÃO NO ENERGY PLUS

As configurações do modelo foram realizadas no programa *Energy Plus v.8.7*, após a modelagem do volume no programa *Sketchup 2017* (Figura 9), de acordo com as características da habitação.

O arquivo climático utilizado para a simulação foi referente à série histórica entre os anos de 2000 a 2010 do arquivo climático da cidade de Passo Fundo/RS, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMET, 2021).

Figura 9 - Modelagem do Modelo Base no Sketchup 2017



Fonte: A autora (2020)

O modelo de configuração da habitação considerou uma única zona térmica para sala e cozinha, com ganho interno de ocupação para um número de quatro moradores. Não foi verificado o desempenho térmico do banheiro por não ser um local de permanência prolongada.

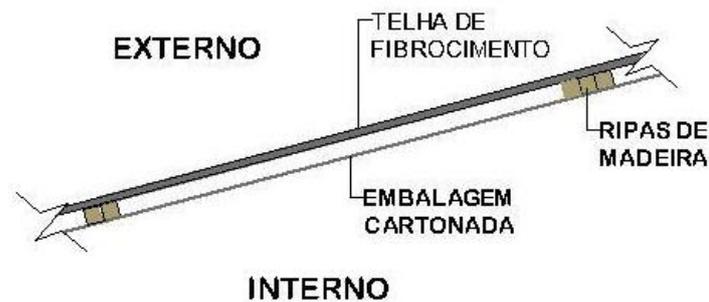
A configuração das paredes para a simulação considerou o envoltório de madeira, câmara de ar não ventilada (0.015m) entre a parede de madeira e o revestimento com as embalagens cartonadas para o interior do ambiente (Figura 10). Para a cobertura, considerou-se a mesma espessura da câmara de ar não ventilada com as embalagens Tetra Pak® aplicadas abaixo da telha de fibrocimento, como mostra a Figura 11.

Figura 10 - Estrutura da parede



Fonte: A autora (2021)

Figura 11 - Estrutura da cobertura



Fonte: A autora (2021)

Os ganhos de cargas internas foram extraídos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) para ambientes de permanência prolongada naturalmente ventilados (INMETRO, 2012).

A densidade de potência de iluminação adotada foi de  $6\text{W/m}^2$  e ganho interno de equipamentos elétricos a densidade de potência de  $1,5\text{ W/m}^2$ , além da configuração das agendas de uso e utilização de sistema de iluminação e equipamentos conforme o RTQ-R (INMETRO, 2012).

As esquadrias foram determinadas com um *setpoint* de abertura e controle da ventilação a uma temperatura interna de  $25^\circ\text{C}$ . Na estrutura do piso da habitação, foram simuladas aberturas para ventilação devido à proximidade de  $0,30\text{ m}$  do piso interno de madeira com o solo natural, o que entende haver uma constante troca de calor da estrutura do piso interno com o meio externo.

Os materiais construtivos foram caracterizados segundo a Norma de Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2 (NBR 15220-2, 2005a), conforme Tabela 1. A tabela apresenta as principais propriedades dos materiais do envoltório necessárias para a configuração das simulações computacionais.

Tabela 1 - Características das principais propriedades dos materiais construtivos da habitação configuradas no EP v.8.7

Elemento	Composição		$\lambda$ (W/mK)	c (kJ/kgK)	$\alpha$	R (m <sup>2</sup> K/W)
Paredes	Madeira Pinus (1 pol)		0,23	1,340	0,5	0,29 (Para câmara de ar de 0,02 m não ventilada e com baixa emissividade)
	Tetra Pak	Alumínio	200	0,896		
		Papelão	0,20	1,885		
		Polietileno	0,38	1,900		
Piso	Madeira Pinus (1 pol)		0,23	1,340	0,5	0,29 (Para câmara de ar de 0,02 m não ventilada e com baixa emissividade)
Cobertura	Telha fibrocimento		0,95	0,840	0,7	0,29 (Para câmara de ar de 0,02 m não ventilada e com baixa emissividade)
	Tetra Pak	Alumínio	0,38	0,896		
		Papelão	0,20	1,885		
		Polietileno	0,38	1,900		

$\lambda$ = Condutividade térmica; c= Calor específico;  $\alpha$ = Absortância solar; R= Resistência térmica;

Fonte: A autora (2021)

De acordo com a NBR 15220-2 (2005a), os valores utilizados nas simulações referentes à resistência térmica da câmara de ar não ventilada consideram a espessura de até 0,02m para uma superfície de baixa emissividade, valores que foram aplicados tanto para o forro como para as paredes, visto que a instalação das embalagens cartonadas abaixo da cobertura possui o mesmo espaçamento da câmara de ar das paredes devido ao padrão da modulação mencionado anteriormente.

O período definido para as simulações de Temperaturas Operativas foi de 15 dias no mês de janeiro e 15 dias no mês de julho. Essa escolha foi determinada a partir das datas das medições em campo durante a avaliação das temperaturas internas no ambiente de maior ocupação.

Os resultados das Temperaturas Operativas servem para estimar a aceitabilidade térmica dos moradores da habitação, utilizando os critérios da normativa *ASHRAE 55* (2017) para avaliação de conforto térmico de ambientes naturalmente ventilados.

Os parâmetros descritos pela *ASHRAE 55* (2017) são calculados a partir das Equações 1 e 2 abaixo. O cálculo utiliza como base as médias das temperaturas externas mensais, que

podem ser extraídos do arquivo climático ou medido no local, conforme descrito nas equações abaixo. A Eq. 1 determina a média limite para condições de frio e a Eq. 2 para condições de calor (ASHRAE 55, 2017):

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

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

Desse modo, é possível verificar o percentual de horas em conforto e desconforto térmico a partir da relação entre as temperaturas externas e as temperaturas operativas obtidas com as simulações para uma faixa de aceitabilidade térmica para 80% dos indivíduos de acordo com o período definido para análise.

Os dados de saída foram das Temperaturas das Superfícies Internas, Temperaturas das Superfícies Externas e Temperaturas do ar de bulbo seco - externo.

Os períodos configurados para estas simulações foram de 15 dias dentre os períodos mais críticos de inverno (mês de julho), e verão (mês de janeiro), que corresponde aos meses das medições em campo.

### 3.3 ETAPA 2: MEDIÇÕES EM CAMPO

#### 3.3.1 Critérios para medição em campo

A coleta de dados de campo segue os parâmetros normativos contidos na ASHRAE 55 (2017), observando as orientações quanto à localização dos sensores no ambiente, calibração e verificação dos registros de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

A instalação do equipamento pode estar mais próxima ao centro do espaço ou em locais potencialmente utilizados, como as áreas próximas de portas e janelas (ASHRAE 55, 2017).

As análises em campo ocorreram de duas formas. A primeira análise identificou a temperatura radiante assimétrica, com a instalação de dois sensores de temperatura de umidade no ambiente interno.

A verificação da temperatura radiante assimétrica é uma representação da diferença de temperatura entre piso e cobertura. Uma amplitude térmica superior a 4°C entre as superfícies pode causar a sensação de desconforto térmico local (ASHRAE55, 2017).

Nesta primeira medição em campo, os equipamentos foram instalados na parede interna da fachada Norte, próximos às principais aberturas da casa; um deles localizado a 0,10m (Sensor A) e outro a 1,70m (Sensor B) de altura do piso, critério definido pela normativa para

medições em ambientes onde os ocupantes permanecem durante maior tempo em pé (ASHRAE55, 2017). O terceiro sensor permaneceu registrando as temperaturas externas ao mesmo tempo.

O tempo de registro dos dados de temperatura assimétrica foi de 7 dias para os períodos do inverno e verão, simultaneamente.

Na segunda medição em campo, identificou-se a temperatura do ar no centro do ambiente de maior permanência. Esse tipo de amostragem pode indicar as formas de interação e os mecanismos de controle térmico realizado pelos moradores para adaptação das temperaturas internas em relação às temperaturas externas (LAMBERTS *et al.*, 2010) (NICOL; HUMPHREYS; ROAF, 2012).

Um sensor foi instalado em um móvel localizado no centro do ambiente de sala/cozinha, em uma altura de 1,10m do piso (Sensor C), critério adotado para locais onde os ocupantes ficam em pé, representando o total de horas de ocupação por um ano, uma estação climática, um dia crítico ou em períodos climáticos mais extremos (ASHRAE55, 2017).

Conforme define a normativa, o intervalo de registro deve estar entre 1 e 5 minutos. O equipamento foi configurado para registros de temperatura e umidade a cada 1 minuto.

Neste experimento, o tempo de medição foi de 15 dias em ambas as estações climáticas.

Os dias de medição foram escolhidos conforme as condições climáticas mais críticas ocorridas durante inverno e verão.

Os aparelhos utilizados para registrar os dados de temperatura e umidade do ambiente interno são do modelo Datalogger ONSET HOBO®, específicos para ambientes internos, com amplitude de temperatura entre -20 a 70°C e umidade 100%.

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

Antes de iniciar as medições em campo, todos os sensores foram calibrados em um ambiente controlado, durante 24hs.

Os limites para margem de erro dos equipamentos é de no máximo de 0,5°C para os dados de temperatura e +/-5% de margem percentual para os registros de umidade relativa do ar (ASHRAE55, 2017). 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.

Em todas as etapas das medições, atendeu-se aos mesmos critérios de calibração ante a montagem na habitação.

### 3.3.2 Verificação das temperaturas assimétricas

Nesta etapa, identificou-se a diferença de temperatura do ar por assimetria no ambiente interno. Dois sensores foram instalados no ambiente interno: um dos equipamentos instalado a uma altura de 0,10 m (Sensor A) do piso (Figura 12) e segundo sensor a uma altura de 1,70 m do piso (Sensor B), como mostra a Figura 13.

Figura 12 - Sensor instalado a 0,10m do piso



Fonte: A autora (2021)

Figura 13 - Sensor instalado a 1,70m do piso



Fonte: A autora (2021)

A Figura 13 mostram as distâncias respeitadas para as instalações dos sensores na parede da sala.

O período de medição no inverno iniciou no dia 27/06/2021, às 00hs:00min e foi até o dia 03/07/2021 às 15hs:00min. As medições no verão ocorreram entre os dias 27/12/2021, às 00hs:00min, e 03/01/2022, às 00hs:00min.

O ambiente definido para as medições foi a sala/cozinha, em local próximo à única porta de acesso, conforme mostra a Figura 14. A área atrás da porta de acesso possui um fogão à lenha instalado, local que passa a ser ocupado por mais tempo pelos moradores em dias mais frios, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 14 - Sensores instalados na parede



Fonte: A autora (2021)

Figura 15 - Vista do ambiente interno



Fonte: A autora (2021)

A escolha do local de instalação dos aparelhos foi determinada pela necessidade de adequação ao espaço livre disponível, sem a interferência de equipamentos elétricos, obstrução pelo mobiliário existente e respeitando os parâmetros normativos para as alturas dos sensores.

A instalação dos sensores na parede que divide o espaço interno com o externo possibilita a verificação da temperatura média radiante das superfícies, assim como a identificação da amplitude térmica do ambiente interno entre as alturas dos pés e da cabeça.

### **3.3.3 Verificação das temperaturas médias no centro do ambiente**

A verificação das temperaturas no centro do ambiente interno deve representar a dinâmica familiar no local de maior ocupação pelos moradores.

Um único sensor foi instalado no centro do ambiente (Sensor C), fixado em um armário de roupas que divide a área social da área íntima.

A altura determinada para a localização do aparelho foi de 1,10 m do piso, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Sensor C no ambiente interno a 1,10m do piso



Fonte: A autora (2021)

Os dados de temperatura e umidade que aparecem no visor do aparelho representam o registro referente ao período de deslocamento, fora do intervalo de medição.

No período do inverno, as verificações se iniciaram no dia 25/07/2021, às 00hs:00min, e foram até o dia 11/08/2021, às 00hs:00min. O período foi determinado a partir das previsões climatológicas de uma onda de frio mais intensa na região.

No período do verão, as medições foram realizadas entre os dias 05/01/2022, às 00hs:00min, e 21/01/2022, às 00hs:00min. O período escolhido observou as previsões climatológicas de temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar.

O local escolhido para a colocação do sensor interno se manteve no ambiente da sala/cozinha por ser o ambiente de maior permanência. Esse ambiente pode ser considerado como o principal local de geração de calor interno, devido aos equipamentos domésticos e maior permanência dos moradores.

### 3.3.4 Temperaturas externas

De acordo com a ASHRAE 55 (2017), não há padrões de definição de instalação do aparelho para registro das temperaturas externas.

O fator observado neste caso foi a proteção adequada do equipamento para evitar a incidência da radiação solar direta no equipamento.

O aparelho foi deixado dentro de uma caixa plástica branca perfurada (Figura 17),

permitindo assim a ventilação do espaço interno e a proteção do equipamento contra a radiação solar. A ponteira metálica conectada no equipamento registra os dados de temperatura e umidade com maior efetividade.

Essa ponteira metálica possui maior sensibilidade às intempéries (Figura 18), desde que também não esteja recebendo nenhuma fonte de radiação de calor (radiação solar direta), conforme as recomendações do fabricante.

Figura 17 - Sensor externo E



Fonte: A autora (2021)

Figura 18 - Localização da medição externa



Fonte: A autora (2021)

A caixa foi colocada à altura média de 3,00m do solo natural, protegido pela cobertura da moradia, voltado à orientação solar Sul, evitando a incidência da radiação solar direta na ponteira e a alterações dos dados. A localização do sensor externo (E) e calibração dos registros foram adotados para todas as medições de campo para inverno e verão.

### **3.3.5 Entrevista com os moradores**

Nesta etapa da pesquisa, buscou-se avaliar as condições de conforto por meio das percepções dos moradores quanto ao ambiente térmico da moradia durante os períodos de inverno e verão.

A entrevista foi realizada no dia 10/03/2022 com 3 moradores adultos do sexo feminino, com idades entre 20 e 40 anos, denominados nesta dissertação como Morador 1, Morador 2 e Morador 3, não incluindo o quarto morador por ser menor de idade.

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

O modelo de questionário foi adaptado a partir da normativa ASHRAE 55 (2017), e considerou perguntas para avaliar a satisfação térmica dos moradores com o ambiente em um determinado período de tempo (inverno e verão) e também para identificar quais as causas de desconforto térmico. Os questionários com as respostas dos moradores entrevistados estão apresentados nos Apêndices C, D e E.

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

A realização das entrevistas se deu após as medições em campo, conforme o período de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da instituição.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.
- ALBADRA, Dima; COLEY, David; HART, Jason. Toward healthy housing for the displaced. **Journal of Architecture**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 115–136, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13602365.2018.1424227>.
- ASHRAE. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc.: Atlanta, GA, USA, 2017.
- BSF. Projeto Brasil Sem Frestas. Passo Fundo, 2009. Disponível em: <http://caixadeleite-brasilsemfrestas.blogspot.com/p/sobre.html>. Acesso em: 07 jul. 2020.
- BRASIL Sem Frestas. Passo Fundo, 2019. 1 vídeo (3 min 37 s). Publicado pelo canal UPFTV. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=fct\\_Ow5Cuw0](https://www.youtube.com/watch?v=fct_Ow5Cuw0). Acesso em: 25 fev. 2022.
- CORSO, Samuel Henrique; FERREIRA, Antonio Carlos; MENEGHINI, Cristiano. Thermal Analysis Of Tetra Pak Packaging As Thermal Insulation. **International Refereed Journal of Engineering and Science**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 8-15, 2018.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2. ed. Editorial Revan, 2009.
- DE DEAR, Richard; BRAGER, Gail Schiller. The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 100-108, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s004840100093>.
- DE DEAR, Richard; BRAGER, Gail Schiller. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 549-561, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1).
- FAYAZI, Mahmood; LIZARRALDE, Gonzalo. The role of low-cost housing in the path from vulnerability to resilience. **Archnet-IJAR**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 146-167, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v7i3.56>.
- FERREIRA, Miguel J.M.M. **Isolamento térmico refletantes de baixa emissividade**: Desempenho, aplicações, otimização e comparação com outros isolamentos. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas. 2021a. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1981-2010>. Acesso em: 08 abr. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas. 2022b. Disponível em <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>. Acesso em: 07 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aglomerados Subnormais 2019**: Classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19. Notas Técnicas. Rio de Janeiro, 2020a. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101717\\_notas\\_tecnicas.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101717_notas_tecnicas.pdf).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese de indicadores sociais**. Uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro, 2020b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101760.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R. INMETRO, 2012.

JAHNKE, Karin Anete. **Análise do desempenho térmico de painéis de vedação e mantas para subcobertura com a reutilização de embalagem LV**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88997>.

KRÜGER, Eduardo; SUETAKE, Graziela; MATOSKI, Adalberto. Evaluation of the thermal performance of insulation sheets in fiberglass security booths. **Building and Environment**, [s. l.], v. 136, p. 1-10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.034>.

YNOUE, Rita. Umidade do ar. e-Aulas da USP: 05 Umidade do Ar. [S. l.], 2018. 1 vídeo (22 min 20 s). Publicado pelo canal Rachel Albrecht. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=z\\_67slZsXio](https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=z_67slZsXio). Acesso em: 09 jan. 2022.

LAMBERTS, Roberto *et al.* Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: **UFSC/LabEEE**, v. 1, p. 123, 2010. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_I\\_WEB.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf).

LAMBERTS, Roberto *et al.* Conforto e Stress Térmico. **UFSC/LabEEE**, 2011. Apostila. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%202011.pdf\\_2.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf).

LAMBERTS, Roberto *et al.* Desempenho Térmico de Edificações. **UFSC/LabEEE**, 2016.

Apostila. Disponível em:  
[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf)

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Florianópolis, 2014. Disponível em:  
[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf)

LEE, Sau Wai *et al.* Reflective thermal insulation systems in building: A review on the radiant barrier and reflective insulation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 65, p. 643-661, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.002>.

MICHELS, Caren. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MICHELS, Caren; LAMBERTS, Roberto; GÜTHS, Saulo. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 445-451, 2008a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.013>.

MICHELS, Caren; LAMBERTS, Roberto; GÜTHS, Saulo. Theoretical/experimental comparison of heat flux reduction in roofs achieved through the use of reflective thermal insulators. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 438-444, 2008b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.012>.

MICHELS, Caren. **Avaliação experimental do desempenho térmico de coberturas**. 2018. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

NICOL, Fergus *et al.* The range and shape of thermal comfort and resilience. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 224, p. 110277, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110277>.

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 563-572, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3).

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael; ROAF, Susan. **Adaptive Thermal Comfort: principles and practice**. Routledge, 2012. DOI: 10.1201/9780429294983-6.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Who housing and health guidelines?** 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>.

ORDENES, Martin; LAMBERTS, Roberto; GÜTHS, Saulo. Transferência de calor na envolvente da edificação. **UFSC/LabEEE**, Florianópolis, 2008. Apostila.

PARSONS, Ken. **Adaptive Thermal Comfort**. [s. l.: s. n.]. E-book. Disponível em:

<https://doi.org/10.1201/9780429294983-6>.

PAULETTI, Hellen Cristina et al. Study of the residual polymer-aluminum recycling process of carton packaging. **Research, Society and Development**, v. 10, n.13, p. 1-17, 2021.

PROJETO usa caixas de leite vazias para preencher frestas em casas no norte do RS. **Jornal do Almoço**, Porto Alegre, 23 junho 2021. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/9629476/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

PROJETEEE - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Dados Climáticos – Passo Fundo-RS. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos> . Acesso em: 11 abr. 2021

QUEVEDO, Tiago de Castro; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. Avaliação do Fluxo de Calor em Coberturas com Barreiras. *In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 16., Palmas/TO, 2021.

RAMALHETE, Inês Marques. **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, 2020.

REBELLO, Jesse. Pnv-2321 Termodinâmica e Transferência de Calor. *[S. l.]*, 2015. Disponível em: [http://sites.poli.usp.br/p/jesse.rebello/termo/transcal\\_01.pdf](http://sites.poli.usp.br/p/jesse.rebello/termo/transcal_01.pdf).

REFLECTIVE INSULATION MANUFACTURES ASSOCIATION INTERNATIONAL (RIMA International). Reflective Insulation, Radiant Barriers and Radiation Control coatings. USA, 2002.

RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Avaliação de modelos preditivos de conforto térmico em escritórios no clima subtropical brasileiro. **Ambiente Construído**, *[S. l.]*, v. 19, n. 2, p. 91–107, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000200310>

SANTOS, Alyne. **Avaliação da emissividade de embalagens cartonadas por termografia e modelagem computacional**. 2019. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade de Cuiabá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.pgskroton.com/handle/123456789/23094>.

THAPA, Rita *et al.* Study on the wintry thermal improvement of makeshift shelters built after Nepal earthquake 2015. **Energy and Buildings**, *[s. l.]*, v. 199, p. 62-71, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.031>.

THAPA, Rita; RIJAL, Hom Bahadur; SHUKUYA, Masanori. Field study on acceptable indoor temperature in temporary shelters built in Nepal after massive earthquake 2015. **Building and Environment**, *[s. l.]*, v. 135, p. 330-343, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.001>.

TETRA PAK. Enabling Transformation. Sustainability Report, 2020. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/content/dam/tetrapak/publicweb/us/en/sustainability/tetra-pak-2020-sustainability-report-usca-20200821.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

VITTORINO, Fulvio; SATO, Neide; AKUTSU, Maria. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3., Curitiba, 2003.

WALIKEWITZ, Nadine *et al.* The difference between the mean radiant temperature and the air temperature within indoor environments: A case study during summer conditions. **Building and Environment**, [s. l.], v. 84, p. 151-161, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.004>.

**APÊNDICE A****TERMO CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS**

Eu, **Tháise Sebben**, declaro que para a realização do projeto intitulado “**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MORADIA REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS: Estudo de caso na ocupação Bela Vista em Passo Fundo - RS**”, foi realizada a leitura e estou ciente do conteúdo da Resolução CNS nº 466/12 e Resolução CNS nº 510/16. Comprometo-me a: somente iniciar o estudo após a aprovação pelo CEP-IMED e, se for o caso, pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP); zelar pela privacidade e pelo sigilo das informações que serão obtidas e utilizadas para o desenvolvimento do estudo; utilizar os materiais e as informações obtidas no desenvolvimento deste estudo apenas para atingir o objetivo proposto no mesmo e não os utilizar para outros estudos sem o devido consentimento dos participantes.

---

Aluna Tháise Sebben  
Pesquisadora Responsável

Passo Fundo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

## APÊNDICE B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Sr. (a) \_\_\_\_\_,

Estamos desenvolvendo uma pesquisa com o objetivo de avaliar a satisfação do ambiente térmico com moradores de uma habitação de madeira que utiliza as embalagens Tetra Pak® como revestimento interno, cujo título é **“ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MORADIA REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS: ESTUDO DE CASO NA OCUPAÇÃO BELA VISTA EM PASSO FUNDO-RS”**. Você está sendo convidado a participar deste estudo e nenhum prejuízo lhe será atribuído, caso não queira participar.

Nesse estudo você responderá a 10 perguntas pré-definidas e 2 perguntas de repostas abertas, onde pedirá informações sobre as características da sua moradia e como você se sente nela em termos de temperatura. Você também poderá dar sua própria opinião citando os principais fatores que podem gerar desconforto térmico, principalmente nos períodos mais quentes e mais frios do ano. Esse questionário será lido pelo pesquisador e as respostas serão gravadas em formato de áudio.

O nosso objetivo principal será compreender e, posteriormente, descrever como os moradores de uma habitação revestida com Tetra Pak se sentem quanto ao conforto térmico. Queremos entender se o uso da Tetra Pak proporciona alguma diferença térmica entre o ambiente interno e o externo, que seja percebida pelo morador. Além disso, queremos entender quais os principais fatores que você se sente mais desconfortável termicamente. Por exemplo, pode ser o vento, a umidade, insolação no ambiente, ou relacionados a estrutura da casa, como aberturas, tipo de piso, telhado, entre outros.

Em nenhum momento você será identificado diretamente, e sua entrevista será codificada com identificação alfa numérica, armazenada em HD do computador do pesquisador de uso privativo e posteriormente transcrita como parte da pesquisa científica. Os resultados da pesquisa serão publicados, disponíveis para o público geral, e a sua identidade será preservada. É importante esclarecer que não haverá nenhum custo pela participação no estudo e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional. Na ocorrência de qualquer despesa causada pela pesquisa, os custos serão assumidos pelo pesquisador.

Os riscos dessa pesquisa são mínimos e estão relacionados ao desconforto em relação

ao tempo necessário para responder ao questionário, além da possibilidade de gerar algum tipo de constrangimento no que diz respeito ao acesso à moradia, privacidade e a rotina da família. No entanto, a qualquer momento você poderá interromper a entrevista do questionário, sem qualquer prejuízo. Vale ressaltar que você responderá ao questionário de forma individual, que poderá ocorrer no ambiente interno ou externo da habitação, conforme a sua preferência. Ainda assim, existe o risco de quebra de sigilo, no entanto, os autores tomarão todos os cuidados técnicos para que ninguém mais tenha acesso às entrevistas e ao banco de dados.

Como benefício direto, o participante receberá uma consultoria técnica com o objetivo de auxiliar os moradores na compreensão sobre algumas medidas a serem observadas e melhoradas na casa, além de sugestões e possibilidades de melhorias de projeto e divisão dos ambientes internos para futuras ampliações da moradia, dentre outros, conforme a necessidade que entende ser mais aplicável.

Pedimos a sua assinatura neste consentimento, para permitir a sua participação no estudo e para confirmar a sua compreensão e a sua disposição a contribuir na realização deste trabalho, em concordância com a Resolução CNS número 466/12 e com a CNS 510/16 que regulamenta a realização de pesquisa envolvendo seres humanos e pesquisas nas áreas das Ciências Humanas e Sociais.

Uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Estaremos sempre à disposição para esclarecimentos acerca dos assuntos relacionados ao estudo e para qualquer dúvida, você poderá entrar em contato com:

**Estudante do curso de Pós-Graduação Thaíse Sebben**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

IMED - Rua Senador Pinheiro, 304 - Passo Fundo - RS

e-mail: thaisesebben@gmail.com - Telefone: (54) 999280093

**Comitê de Ética em Pesquisa – IMED**

IMED - Rua Senador Pinheiro, 304 - Passo Fundo - RS

e-mail: cep@imed.edu.br - 3045-9018 (ramal 9240)

Desde já agradecemos a sua atenção.

---

Thaíse Sebben

Eu, \_\_\_\_\_, após a leitura deste consentimento, declaro que compreendi o objetivo deste estudo e aceito participar desta pesquisa.

---

Assinatura do participante

Passo Fundo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

## APÊNDICE C

### PESQUISA DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

Prezado Sr. (a) **MORADOR 1**

Você está participando de uma pesquisa acadêmica de dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela IMED – Passo Fundo-RS, com o título “**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MORADIA REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS:**

**Estudo de caso na ocupação Bela Vista em Passo Fundo – RS”.**

É importante que responda às questões com tranquilidade e autenticidade.

Esta entrevista é anônima e o tempo estimado é de 10 minutos.

Podemos começar?

#### *Questão 1*

Qual é o ambiente da casa que você passa a maior parte do tempo?

**Na sala/cozinha**

#### *Questão 2*

Existem janelas de ventilação nesse ambiente?

**Sim**

#### *Questão 3*

Em situações de frio, quais alternativas você faz para controlar a temperatura do ambiente?

- Aquecedor portátil?
- Fechamento das janelas e portas?
- Outros elementos? Cite quais são:

**Fogão a lenha e tapete no piso. Fechamento da janela principal.**

#### *Questão 4*

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como foi sua experiência com a

temperatura do ambiente no período do inverno deste ano?

- Muito satisfeito;
- Em condição neutra;
- Muito insatisfeito;**

### ***Questão 5***

Com que frequência você percebia que a temperatura do ambiente não estava confortável?

- Sempre muito frio
- As vezes muito frio
- Em alguns períodos dos dias ficava muito frio. Entre as 22hs até o amanhecer.**

### ***Questão 6***

E em que períodos do dia você percebia que a temperatura ficava mais baixa?

- Pela manhã ao nascer do dia
  - Ao meio-dia
  - À tarde
  - À noite
- De madrugada**

### ***Questão 7***

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o frio. Por exemplo, vento, umidade, insolação, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**O vento e o piso de madeira.**

Agora vamos avaliar o seu nível de satisfação térmica com o ambiente no período do verão:

### ***Questão 8***

Em situações de calor, quais alternativas você escolhe fazer para controlar a temperatura do ambiente?

- Abertura de janela?
- Abertura de porta?
- Equipamento portátil?
- Outros elementos? Cite quais são:

**Uso o ventilador. Não tem condições de ficar dentro de casa sem o ventilador. À noite é mais fresquinho.**

***Questão 9***

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como está sendo sua experiência com a temperatura do ambiente neste período de verão?

- Muito satisfeito;
- Em condição neutra;**
- Muito insatisfeito;

***Questão 10***

Com que frequência você percebe que a temperatura do ambiente não fica confortável?

- Sempre muito quente
- As vezes muito quente
- Em alguns períodos dos dias ficava muito quente.**

***Questão 11***

E em que períodos do dia você percebe que a temperatura fica mais quente?

- Pela manhã ao nascer do dia
- Ao meio-dia**
- À tarde
- À noite
- De madrugada

***Questão 12***

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o calor. Por exemplo, vento, umidade, radiação solar, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**A radiação solar.**

Agradeço sua participação e fico à disposição para dúvidas e esclarecimentos sobre sua participação nesta pesquisa!

## APÊNDICE D

### PESQUISA DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

Prezado Sr. (a) **MORADOR 2**

Você está participando de uma pesquisa acadêmica de dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela IMED – Passo Fundo-RS, com o título “**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MORADIA REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS:**

**Estudo de caso na ocupação Bela Vista em Passo Fundo – RS”.**

É importante que responda às questões com tranquilidade e autenticidade.

Esta entrevista é anônima e o tempo estimado é de 10 minutos.

Podemos começar?

#### *Questão 1*

Qual é o ambiente da casa que você passa a maior parte do tempo?

**No inverno na sala/cozinha e no verão no lado de fora da casa**

#### *Questão 2*

Existem janelas de ventilação nesse ambiente?

**Sim.**

#### *Questão 3*

Em situações de frio, quais alternativas você faz para controlar a temperatura do ambiente?

- Aquecedor portátil?
- Fechamento das janelas e portas?

Outros elementos? Cite quais são: **Fogão a lenha e tapete no piso.**

#### *Questão 4*

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como foi sua experiência com a temperatura do ambiente no período do inverno deste ano?

- Muito satisfeito;
- Em condição neutra;
- Muito insatisfeito;**

### *Questão 5*

Com que frequência você percebia que a temperatura do ambiente não estava confortável?

- Sempre muito frio
- As vezes muito frio
- Em alguns períodos dos dias ficava muito frio.**

### *Questão 6*

E em que períodos do dia você percebia que a temperatura ficava mais baixa?

- Pela manhã ao nascer do dia
  - Ao meio dia
  - À tarde
  - À noite
- De madrugada**

### *Questão 7*

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o frio. Por exemplo, vento, umidade, insolação, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**O piso com as frestas.**

Agora vamos avaliar o seu nível de satisfação térmica com o ambiente no período do verão:

### *Questão 8*

Em situações de calor, quais alternativas você escolhe fazer para controlar a temperatura do ambiente?

- Abertura de janela?
- Abertura de porta?
- Equipamento portátil?
- Outros elementos? Cite quais são:

## Uso o ventilador. Abertura das janelas e da porta.

### *Questão 9*

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como está sendo sua experiência com a temperatura do ambiente neste período de verão?

- Muito satisfeito;
- Em condição neutra;**
- Muito insatisfeito;

### *Questão 10*

Com que frequência você percebe que a temperatura do ambiente não fica confortável?

- Sempre muito quente
- As vezes muito quente
- Em alguns períodos dos dias ficava muito quente.**

### *Questão 11*

E em que períodos do dia você percebe que a temperatura fica mais quente?

- Pela manhã ao nascer do dia
- Ao meio dia**
- À tarde
- À noite
- De madrugada

**Meio dia é muito quente porque esquentava a casa com o calor das panelas.**

### *Questão 12*

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o calor. Por exemplo, vento, umidade, radiação solar, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**A radiação solar.**

Agradeço sua participação e fico à disposição para dúvidas e esclarecimentos sobre sua participação nesta pesquisa!

## APÊNDICE E

### PESQUISA DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO

Prezado Sr. (a) **MORADOR 3**

Você está participando de uma pesquisa acadêmica de dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela IMED – Passo Fundo-RS, com o título “**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE MORADIA REVESTIDA COM EMBALAGENS CARTONADAS:**

**Estudo de caso na ocupação Bela Vista em Passo Fundo – RS”.**

É importante que responda às questões com tranquilidade e autenticidade.

Esta entrevista é anônima e o tempo estimado é de 10 minutos.

Podemos começar?

#### *Questão 1*

Qual é o ambiente da casa que você passa a maior parte do tempo?

**No inverno na sala/cozinha.**

#### *Questão 2*

Existem janelas de ventilação nesse ambiente?

**Sim. A porta fica a maior parte do tempo aberta.**

#### *Questão 3*

Em situações de frio, quais alternativas você faz para controlar a temperatura do ambiente?

- Aquecedor portátil?
- Fechamento das janelas e portas?

Outros elementos? Cite quais são: **Fogão a lenha, estufa. Fechamento das janelas.**

#### *Questão 4*

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como foi sua experiência com a

temperatura do ambiente no período do inverno deste ano?

Muito satisfeito;

**Em condição neutra;**

Muito insatisfeito;

**É mais quentinho porque as caixinhas barram o vento.**

### *Questão 5*

Com que frequência você percebia que a temperatura do ambiente não estava confortável?

Sempre muito frio

As vezes muito frio

**Em alguns períodos dos dias ficava muito frio.**

### *Questão 6*

E em que períodos do dia você percebia que a temperatura ficava mais baixa?

**Pela manhã ao nascer do dia**

Ao meio dia

À tarde

À noite

De madrugada

### *Questão 7*

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o frio. Por exemplo, vento, umidade, insolação, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**O piso com as frestas.**

Agora vamos avaliar o seu nível de satisfação térmica com o ambiente no período do verão:

### *Questão 8*

Em situações de calor, quais alternativas você escolhe fazer para controlar a temperatura

do ambiente?

- Abertura de janela?
- Abertura de porta?
- Equipamento portátil?
- Outros elementos? Cite quais são:

**Uso o ventilador. Abertura das janelas.**

### *Questão 9*

De um modo geral, conforme a escala a seguir, como está sendo sua experiência com a temperatura do ambiente neste período de verão?

- Muito satisfeito;
- ✓ **Em condição neutra;**
- Muito insatisfeito;

### *Questão 10*

Com que frequência você percebe que a temperatura do ambiente não fica confortável?

- Sempre muito quente
- ✓ **As vezes muito quente**
- Em alguns períodos dos dias ficava muito quente.

### *Questão 11*

E em que períodos do dia você percebe que a temperatura fica mais quente?

- Pela manhã ao nascer do dia
- ✓ **Ao meio dia**
- ✓ **À tarde**
- À noite
- De madrugada

**Entre o meio dia e a tarde é muito quente. As vezes a noite também é quente.**

### *Questão 12*

Descreva na sua opinião, quais são os principais problemas que você identifica como causadores do desconforto térmico com o calor. Por exemplo, vento, umidade, radiação solar, janelas, altura da casa, tipo de piso, proximidade com uma área verde, descreva:

**A radiação solar.**

Agradeço sua participação e fico à disposição para dúvidas e esclarecimentos sobre sua participação nesta pesquisa!