

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IRÃ QUADROS SILVEIRA**

**COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS EM PAREDES EM BLOCO CERÂMICO VERSUS  
PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL**

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IRÃ QUADROS SILVEIRA**

**COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS EM PAREDES EM BLOCO CERÂMICO VERSUS  
PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora:

Profa. Dra Ana Lígia Papst de Abreu,

**FLORIANÓPOLIS, 2025.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silveira, Irã Quadros  
COMPARATIVO COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES  
RESIDENCIAIS EM PAREDES EM PAREDES EM BLOCO CERÂMICO  
VERSUS PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS MOLDADAS NO  
LOCAL / Irã Quadros Silveira; orientação de Ana  
Lígia Papst de Abreu. - Florianópolis, SC, 2025.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado  
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico  
de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Desempenho térmico. 2. Parede de concreto. 3.  
Alvenaria Alvenaria de bloco cerâmico. 4. NBR 15.575.  
5. Construção civil. I. Abreu, Ana Lígia Papst de. II.  
Instituto Federal de Santa Catarina. III. COMPARATIVO  
COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS  
EM PAREDES EM PAREDES EM BLOCO CERÂMICO VERSUS

# COMPARATIVO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS EM PAREDES EM BLOCO CERÂMICO VERSUS PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL

**IRÃ QUADROS SILVEIRA**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de março, 2025.

Banca Examinadora:

---

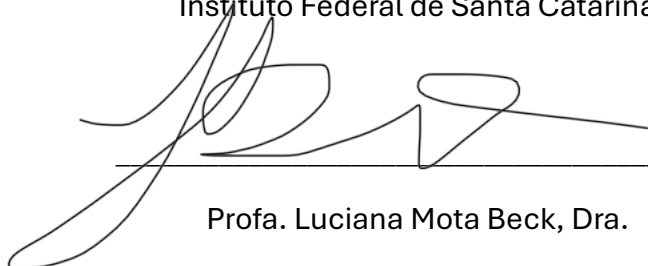
Profa. Ana Lígia Papst de Abreu, Dra.

Instituto Federal de Santa Catarina

---

Prof. Sérgio Parizotto Filho, Me.

Instituto Federal de Santa Catarina



---

Profa. Luciana Mota Beck, Dra.

Unicesusc

## RESUMO

Na construção civil, a busca por métodos construtivos mais econômicos e rápidos pode conduzir à escolha de técnicas ainda não amplamente difundidas no país, como a construção em parede de concreto moldada no local. Em comparação com o método tradicional de alvenaria de bloco cerâmico, esse método pode diferenciar certos comportamentos, sendo um deles o desempenho térmico. O foco deste trabalho é avaliar o desempenho térmico de um grupo de residências unifamiliares no sul da ilha de Florianópolis - SC, seguindo o procedimento simplificado da Norma Brasileira NBR 15.575, e dados reais de medição de temperatura e umidade. As residências têm projetos arquitetônicos similares, mas diferem-se quanto ao método construtivo das paredes: umas utilizam blocos cerâmicos, enquanto outras adotam paredes de concreto moldadas no local. Através da literatura e dados de projeto, foi feita a aferição pelo procedimento simplificado de avaliação do desempenho térmico proposto na NBR 15.575. As paredes de concreto não atingiram o critério mínimo de desempenho da norma. Foram realizados ensaios práticos *in loco* por *dataloggers* (medidores de temperaturas e umidades), sempre feitos em pares de casas, sendo uma com paredes de alvenaria e outra com paredes de concreto moldado no local. As medições foram feitas em seis fins de semana, quando não havia trabalhadores na obra. Vale destacar, que estas medições ocorreram durante o período da primavera, com temperaturas externas mais amenas. Esse formato permitiu a comparação direta das temperaturas internas (edificações sem ocupação) entre os dois métodos construtivos expostos ao mesmo microclima. Verificou-se que as temperaturas internas dos ambientes das casas com parede de concreto moldadas no local, tendiam a ser mais elevadas que as temperaturas internas do que o mesmo ambiente numa casa de alvenaria convencional. Assim, este trabalho visa contribuir para a compreensão das implicações práticas da norma no contexto das escolhas de materiais e sistemas construtivos, almejando promover edificações mais energeticamente eficientes, em consonância com as demandas do setor construtivo.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico. Parede de concreto. Alvenaria de bloco cerâmico. NBR 15.575. Construção civil.

## **ABSTRACT**

In the construction industry, the search for more economical and faster building methods can lead to the choice of techniques that are not yet widely used in the country, such as cast-in-place concrete wall construction. Compared to the traditional ceramic block masonry method, this technique can present different behaviors, one of which is thermal performance. This study aims to evaluate the thermal performance of a group of single-family homes in the southern part of Florianópolis Island, SC, following the simplified procedure of the Brazilian Standard NBR 15.575, along with real temperature and humidity measurement data. The residences have similar architectural designs but differ in the construction method of the walls: some use ceramic blocks, while others adopt cast-in-place concrete walls. Based on literature and project data, an assessment was conducted using the simplified thermal performance evaluation procedure proposed in NBR 15.575. The concrete walls did not meet the minimum performance criteria of the standard. Practical on-site tests were carried out using data loggers (temperature and humidity meters), always conducted in pairs of houses—one with masonry walls and the other with cast-in-place concrete walls. Measurements were taken over six weekends when there were no workers on-site. It is important to note that these measurements were taken during the spring, with milder external temperatures. This approach allowed for a direct comparison of indoor temperatures (in unoccupied buildings) between the two construction methods exposed to the same microclimate. It was observed that the indoor temperatures of houses with cast-in-place concrete walls tended to be higher than the indoor temperatures of the same environment in a conventional masonry house. Thus, this study aims to contribute to the understanding of the practical implications of the standard in the context of material and construction system choices, striving to promote more energy-efficient buildings in line with the demands of the construction sector.

**Keywords:** Thermal performance, concrete wall, ceramic block masonry, NBR 15.575, construction industry.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1 Justificativa	9
1.2 Definição do Problema	9
1.3 Objetivo Geral	10
1.4 Objetivos Específicos	10
1.5 Estrutura do Trabalho	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>12</b>
<b>2.1 DESEMPENHO TÉRMICO x CONFORTO TÉRMICO</b>	<b>12</b>
2.1.1 DESEMPENHO TÉRMICO	13
2.1.2 CONFORTO TÉRMICO	15
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS</b>	<b>16</b>
2.2.1 ABSORTIVIDADE	16
2.2.2 RESISTÊNCIA TÉRMICA	17
2.2.3 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA	19
2.2.4 CAPACIDADE TÉRMICA	20
2.2.5 FATOR SOLAR DE ELEMENTOS TRANSPARENTES	21
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
3.1 Os Objetos de Estudo	24
3.2 Avaliação das características térmicas dos sistemas construtivos das residências pelo procedimento simplificado da NBR 15.575	30
3.4. Medição de temperatura e umidade nas edificações	31
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>37</b>
4.1 Resultado dos ensaios pelo procedimento simplificado	37
4.1.1 Resultados de avaliação das características térmicas das paredes	37
4.1.2 Resultados percentual de abertura para ventilação	39
4.1.4 Resultados percentual de elementos transparentes	41
4.2 Resultado das medições no local	42
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>53</b>
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	54
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel fundamental na sociedade, não apenas como um setor econômico vital, mas também como um componente essencial na vida das pessoas. A busca por ambientes termicamente confortáveis, sustentáveis, eficientes em termos energéticos, e de maior produtividade, tem se tornado cada vez mais presente, em consonância com a crescente conscientização sobre os desafios relacionados às mudanças climáticas. Nesse contexto, uma edificação deveria aproveitar o que de melhor o clima de onde esta se localiza tem, e ter um envoltório que protege de forma passiva das condições climáticas adversas. As soluções construtivas do envoltório têm um papel crítico na resposta às demandas de um bom desempenho térmico da edificação.

A NBR 15.575, também conhecida como a norma de desempenho (ABNT, 2021), entrou em vigor no ano de 2013. É a primeira norma brasileira que tem por objetivo garantir diretamente que a edificação residencial cumpra os requisitos ao qual a edificação foi projetada, ao longo da sua vida útil. As outras normas brasileiras, são prescritivas, de como executar um sistema construtivo, por exemplo, sendo que o atendimento às exigências dos usuários é atendido de forma indireta. A norma de desempenho é complementar às normas prescritivas, e faz-se necessário a utilização simultânea para atender aos requisitos dos usuários numa construção tecnicamente adequada (ABNT, 2021a).

Os requisitos de desempenho de edificações residenciais são divididos em três grandes grupos de requisitos dos usuários: habitabilidade (estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde e higiene, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil, qualidade do ar); segurança (desempenho estrutural, segurança contra incêndio, segurança no uso e operação); sustentabilidade (adequação ambiental, durabilidade e manutenibilidade). (ABNT, 2021a). A NBR 15.575 estabelece para os diferentes sistemas de requisitos três níveis de desempenho: mínimo (M); intermediário (I); e superior (S). O cumprimento à NBR 15.575 é essencial não apenas para atender às regulamentações vigentes, mas também para que as edificações residenciais garantam ao menos, as

expectativas de desempenho mínimas dos usuários. O desempenho térmico em edificações habitacionais é um dos 13 requisitos dos usuários apresentados na NBR 15.575.

Segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2021a p.28), o desempenho térmico de habitações residenciais depende do clima da cidade que a edificação se localiza, do sistema construtivo (paredes e coberturas), da relação da área de piso com áreas envidraçadas e áreas de ventilação (e como são operadas), e da carga térmica dentro da edificação (pessoas, equipamentos e iluminação). O atendimento ao nível de desempenho térmico mínimo (M) é obrigatório, enquanto o atendimento de desempenho intermediário e superior é facultativo.

A NBR 15.575 apresenta dois procedimentos para a avaliação do desempenho térmico (ABNT, 2021 a, p.29): simplificado e por simulação computacional. O procedimento simplificado consiste em comparar as características dos ambientes de permanência prolongada e as características térmicas dos sistemas construtivos com valores de referência em função do clima. Caso um destes critérios não seja atendido, toda a avaliação da edificação deve ser feita por procedimento computacional. O procedimento simplificado só permite analisar se a edificação obteria o desempenho mínimo, que é obrigatório. O procedimento por simulação computacional permite que seja avaliado o atendimento aos três níveis de desempenho térmico (mínimo, intermediário e superior).

A escolha entre diferentes tipos de parede, como blocos cerâmicos e concreto moldado no local, pode afetar consideravelmente o comportamento térmico de uma edificação. Na primeira versão da NBR 15.575, havia a possibilidade de ensaios práticos *in loco*, mas que não serviam para classificar a edificação, apenas para demonstrar seu comportamento térmico.

Em um empreendimento localizado no sul da ilha de Florianópolis - SC, que compreende um condomínio de residências geminadas, o início da construção envolveu casas de alvenaria tradicional em blocos cerâmicos. Contudo, visando a redução de custos e o encurtamento do tempo de execução, foram analisadas alternativas. A solução que melhor atendeu a esses requisitos foi a adoção de paredes de concreto moldadas *in loco*. Esse método se destacou por sua agilidade e

pela eliminação de diversas etapas construtivas, resultando em economia de tempo, especialmente nos processos de aplicação e cura.

A realização deste estudo contribui para o entendimento das implicações práticas da norma NBR 15.575 (ABNT, 2021) no contexto das escolhas de materiais e sistemas construtivos, sempre buscando o aprimoramento no setor de construção civil no Brasil, sem perder de foco o bem estar dos ocupantes.

## **1.1 Justificativa**

A execução de obras na construção civil é uma atividade fundamental e constante na sociedade, com um impacto direto na qualidade de vida das pessoas e no meio ambiente. Com a crescente conscientização sobre questões ambientais e a necessidade de eficiência energética, faz-se necessário que as edificações habitacionais atendam aos requisitos estabelecidos por normas técnicas, e atendam a pelo menos o requisito mínimo de desempenho da NBR 15.575 (ABNT, 2021).

No entanto, apesar dos avanços nas regulamentações e nas diretrizes de construção, observa-se que, muitas vezes, a lacuna entre o que é prescrito nas normas e o que é efetivamente executado nas obras é significativa. A construção civil é um setor complexo e diversificado, e a variabilidade na escolha de materiais, sistemas construtivos e métodos de construção pode levar a resultados diversos em termos de desempenho térmico. A diferença entre as normas e o que realmente acontece na construção mostra a necessidade de avaliar o desempenho térmico das casas, para ver se elas realmente cumprem o que as normas exigem.

## **1.2 Definição do Problema**

O problema abordado neste estudo reside na verificação prática do cumprimento dos critérios de desempenho térmico estabelecidos pela Norma Brasileira NBR 15.575 (ABNT, 2021) em edificações habitacionais já executadas. Especificamente, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) concentrou-se na comparação do desempenho térmico de casas similares, mas com sistemas de vedações verticais diferentes (umas com paredes construídas em bloco cerâmico e

outras com paredes de concreto moldadas no local), a fim de determinar se a construção de ambos métodos atendem aos requisitos mínimos da norma.

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) pode ser descrito pela pergunta: Qual é o impacto do tipo de parede (bloco cerâmico *versus* concreto moldado no local) no desempenho térmico de edificações residenciais, à luz das especificações da NBR 15.575 (ABNT, 2021)?

### **1.3 Objetivo Geral**

Avaliar se residências unifamiliares com projeto arquitetônico similar, podem com métodos construtivos diferentes, umas construídas com paredes em bloco cerâmico e outras com paredes de concreto moldadas no local, atender aos requisitos mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575 (ABNT, 2021a,b,c), e avaliar de maneira comparativa as residências unifamiliares.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- a) Verificar, pelo procedimento simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2021a, b, c), se as casas atendem aos critérios mínimos de desempenho térmico estabelecidos pela norma, mesmo sendo construídas com métodos construtivos diferentes;
- b) Comparar através de dados reais de temperatura, o comportamento térmico das edificações expostas às mesmas condições climáticas externas;
- c) Propor recomendações e melhorias no sistema construtivo, área de aberturas, e emprego de estratégias bioclimáticas de conforto recomendadas para Zona 3, com vistas a pelo menos o atendimento mínimo do desempenho térmico pelo método simplificado, caso não ocorra o atendimento à NBR 15.575 (ABNT, 2021b, c).

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

A estrutura do trabalho segue um formato acadêmico padrão, separada em capítulos, sendo este trabalho com um total de 6 capítulos.

**Capítulo 1:** Introdução apresenta o tema central do estudo, contextualizando a importância da pesquisa para a construção civil. Também são abordadas a justificativa do estudo, a definição do problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos e um panorama da metodologia utilizada para alcançar os resultados esperados.

**Capítulo 2:** Revisão Bibliográfica reúne os conceitos fundamentais para a análise do desempenho térmico das edificações, com destaque para a NBR 15575, que estabelece os requisitos normativos para avaliação do conforto térmico em residências. Além disso, são abordadas as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções analisadas, como blocos cerâmicos, concreto moldado in loco, esquadrias e coberturas.

**Capítulo 3:** Metodologia descreve detalhadamente as edificações analisadas e os procedimentos adotados na pesquisa. São apresentados os métodos de coleta de dados, que incluem ensaios práticos *in loco*, com o monitoramento de temperatura e umidade por *dataloggers* e a aplicação do procedimento simplificado da NBR 15575. Também é explicada a organização dos ensaios e a estruturação da análise de dados.

**Capítulo 4:** Resultados e Discussões traz os dados obtidos durante o período de monitoramento, ocorridos entre setembro e novembro de 2024. São apresentados gráficos das medições realizadas, permitindo a comparação de temperaturas entre as casas. Os resultados das medições no local são então organizados e analisados, a interpretação desses dados permite avaliar o impacto dos diferentes sistemas construtivos no desempenho térmico das residências estudadas, considerando tanto os valores obtidos nas medições quanto aqueles determinados pelo método simplificado da norma.

Por fim, todos os dados obtidos são comparados, para verificar padrões e tendências, possibilitando uma avaliação mais abrangente sobre a influência dos sistemas construtivos e das variáveis climáticas no desempenho térmico das edificações analisadas.

**Capítulo 5:** Conclusão sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando se as edificações atenderam ou não aos critérios normativos e como as diferenças entre os métodos construtivos influenciaram o desempenho térmico. São discutidas as implicações desses resultados para a construção civil, propondo possíveis melhorias nos sistemas construtivos. Além disso, são sugeridas direções para estudos futuros, ampliando as possibilidades de pesquisa na área.

O trabalho finaliza com as referências bibliográficas, que incluem todas as fontes utilizadas ao longo da pesquisa, garantindo embasamento teórico e metodológico.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), auxilia na compreensão dos princípios, teorias e conceitos fundamentais relacionados ao desempenho térmico em edificações, além das características térmicas dos materiais construtivos. Essa base teórica permitiu um entendimento no campo de estudo, além de orientar no desenvolvimento do próximo capítulo (materiais e métodos).

### **2.1 DESEMPENHO TÉRMICO x CONFORTO TÉRMICO**

O desempenho térmico e o conforto térmico são conceitos inter-relacionados, porém distintos, no contexto das edificações. O desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade (ABNT, 2021a). Por outro lado, o conforto térmico está associado à satisfação e bem-estar das pessoas. Segundo Lamberts et al. (2014), o conforto térmico leva em conta as preferências individuais, atividades realizadas e variações térmicas sazonais. Além disso, Lamberts destaca que, em ambientes construídos, o conforto térmico das pessoas está diretamente relacionado à capacidade da edificação em manter condições térmicas apropriadas, ou seja, ao seu desempenho térmico.

Assim, enquanto o desempenho térmico que é regido pela norma NBR 15575 é uma medida objetiva das propriedades termofísicas da construção, o conforto térmico, ainda não contemplado por uma norma brasileira específica, é uma experiência subjetiva relacionada à sensação térmica dos ocupantes. Ambos são aspectos essenciais a serem considerados no projeto e na avaliação de edificações, buscando garantir ambientes internos termicamente agradáveis e energeticamente eficientes.

### **2.1.1 DESEMPENHO TÉRMICO**

Como citado anteriormente, o desempenho térmico está ligado aos parâmetros construtivos, tornando a unidade habitacional um produto que faz parte do Código de Proteção e Defesa do Consumidor (CDC). Por mais que as normas técnicas em si não sejam lei, na prática são amplamente reconhecidas e adotadas como padrões obrigatórios no âmbito profissional e legal, inclusive estão resguardadas pelo CDC no Art. 39 inciso VIII (BRASIL, 1997):

Art. 39. É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas: (Redação dada pela Lei nº 8.884, de 11.6.1994)

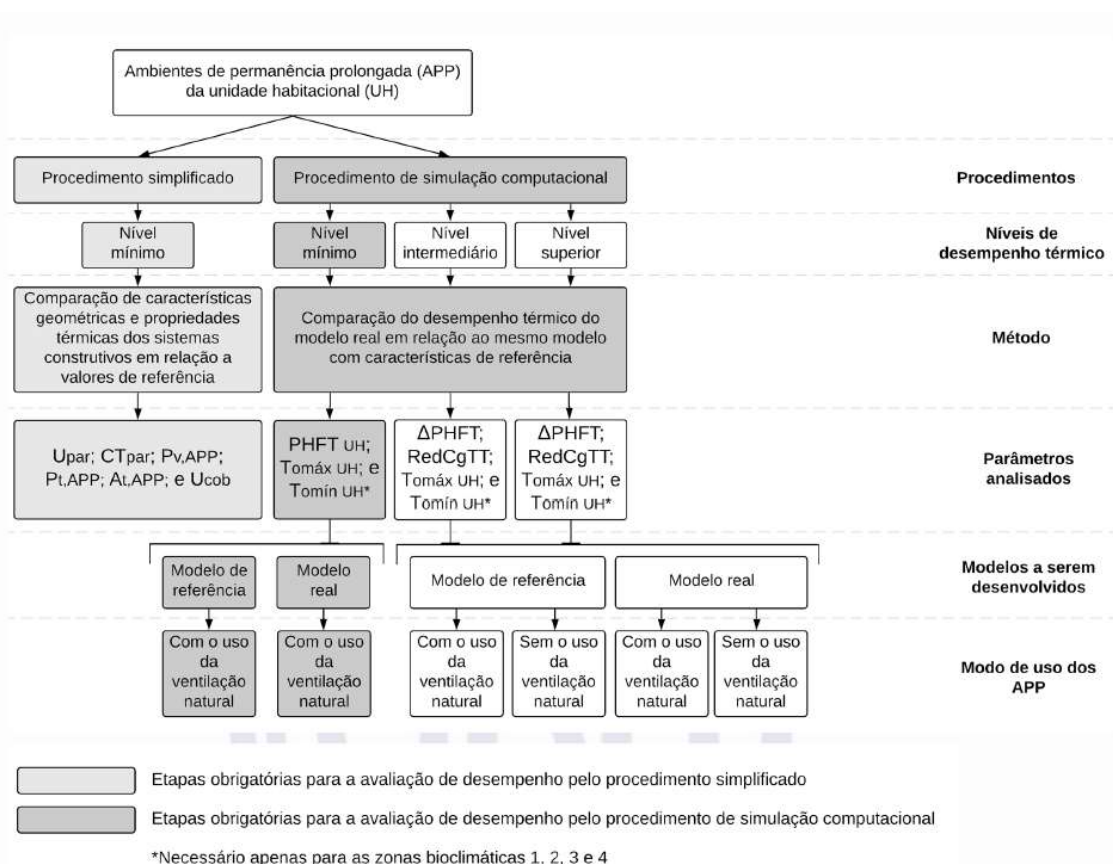
VIII – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro).

A NBR 15.575, conhecida como a norma de Desempenho, traz com ela 13 requisitos dos usuários, sendo um destes requisitos o desempenho térmico em edificações habitacionais (ABNT, 2021a). Na NBR 15.575, o desempenho térmico das unidades habitacionais (UH) é caracterizado por meio da delimitação de três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). É de caráter obrigatório o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para o nível de desempenho mínimo. A norma ainda especifica que a avaliação de desempenho térmico das unidades habitacionais (UH) devem ser realizadas para os ambientes de permanência prolongada (APP). Os APP são ambientes de ocupação contínua por

um ou mais indivíduos, como exemplo cita-se: sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados (ABNT, 2021a).

Atualmente a norma NBR 15575 divide a avaliação de desempenho térmico em dois tipos de procedimentos: o Procedimento Simplificado que atende somente ao nível de desempenho mínimo, e o Procedimento de Simulação Computacional, deve ser adotado caso a edificação não atenda ao desempenho mínimo. A simulação computacional permite classificar a edificação residencial, em nível mínimo, intermediário e superior. O Trabalho de conclusão de curso (TCC) avaliou as casas, objetos de estudo, pelo Procedimento Simplificado, investigando se estas atendem aos requisitos mínimos. A Figura 1, retirada da NBR 15.575 (ABNT, 221a) demonstra as etapas dos procedimentos: Simplificado e por Simulação Computacional.

**Figura 1 - Procedimentos de avaliação de desempenho térmico**



**Fonte: NBR 15575-1 (ABNT , 2021a).**

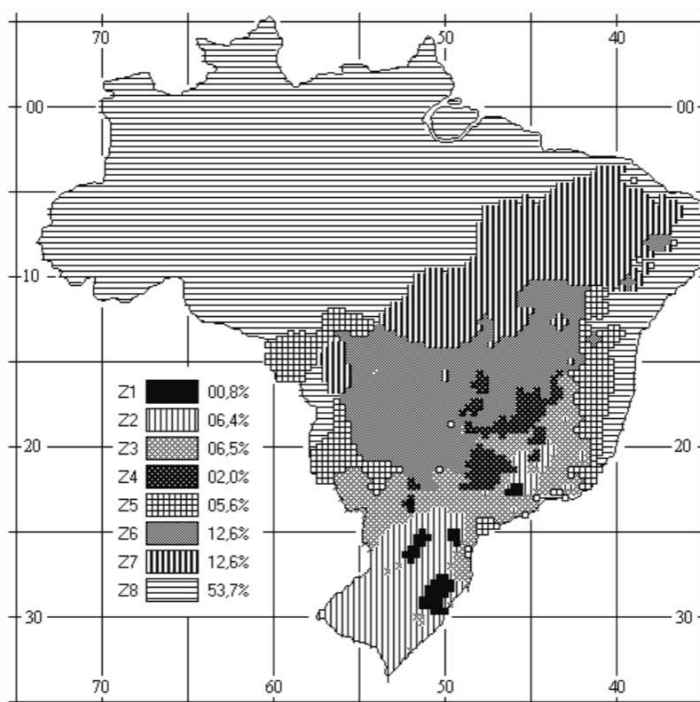
## 2.1.2 CONFORTO TÉRMICO

Conforto térmico é um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o ser humano está em Conforto Térmico (ASHRAE, 2005, apud Lamberts et al., 2014).

O território brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas (ABNT, 2015b) conforme observa-se na Figura 2. Conforme indicações da NBR 15.220-3 e da observação da Figura 2, Florianópolis encontra-se na zona bioclimática 3.

A norma NBR 15.220-3 apresenta algumas recomendações para essa zona, como aberturas médias para ventilação, permitindo a entrada de sol no inverno, vedações externas leves e refletoras, além de cobertura leve e isolada. No verão, indica-se a ventilação cruzada, enquanto no inverno são recomendados o aquecimento solar passivo e vedações internas pesadas para maior inércia térmica.

**Figura 2 - Zoneamento bioclimático brasileiro**



Fonte: ABNT NBR 15.220-Parte 3.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DOS MATERIAIS**

Lamberts et al. (2014) afirmam que, o comportamento térmico dos sistemas construtivos está relacionado às propriedades térmicas dos seus materiais constituintes. Os sistemas construtivos podem ser divididos em opacos e transparentes. O ambiente externo e as trocas de calor pelo sistema construtivo, atuam diretamente nas condições térmicas internas, e conseqüentemente no conforto térmico. Faz-se necessário o conhecimento e entendimento de alguns conceitos relacionados à transmissão de calor e o comportamento térmico dos fechamentos para que o projetista possa dimensionar e especificar corretamente as aberturas e os materiais a serem empregados na obra. A seguir são apresentadas algumas características térmicas de materiais construtivos que são abordados na NBR 15.575 (ABNT, 2021a, b e c).

### **2.2.1 ABSORTIVIDADE**

Cada elemento tem um comportamento diferente diante a radiação solar incidente, seja transmitindo, refletindo ou mesmo absorvendo e re-emitindo esta radiação para o interior (Lamberts et. al., 2014). A absorvidade ( $\alpha$ ) é uma característica dos materiais que está relacionada a cor do material, como pode ser vista na Figura 3. Os materiais de cor mais clara tem baixa absorvidade solar, enquanto os materiais mais escuros têm valores mais altos de absorvidade.

Figura 3 - Valor de absorvância solar ( $\alpha$ ) de superfícies opacas.

Tipo	Número	Cor	Nome	$\alpha$	Tipo	Número	Cor	Nome	$\alpha$
Acrilica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4	Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	02		Amarelo Terra	64,3		41		Erva doce	21,9
	03		Areia	44,9		42		Flamingo	46,8
	04		Azul	73,3		43		Laranja	39,9
	05		Azul Imperial	66,9		44		Marfim	29,7
	06		Branco	15,8		45		Palha	28,5
	07		Branco Gelo	37,2		46		Pérola	25,7
	08		Camurça	57,4	47		Pêssego	39,5	
	09		Concreto	74,5	48		Alecrim	64,0	
	10		Flamingo	49,5	49		Azul bali	48,9	
	11		Jade	52,3	50		Branco Neve	10,2	
	12		Marfim	33,6	51		Branco Gelo	29,7	
	13		Palha	36,7	52		Camurça	55,8	
	14		Pérola	33,0	53		Concreto	71,5	
	15		Pêssego	42,8	54		Marfim	26,7	
	16		Tabaco	78,1	55		Marrocos	54,7	
	17		Terracota	64,6	56		Mel	41,8	
Acrilica Semi-brilho	18		Amarelo Antigo	49,7	57		Palha	27,2	
	19		Amarelo Terra	68,6	58		Pérola	22,1	
	20		Azul	79,9	59		Pêssego	35,0	
	21		Branco Gelo	36,2	60		Telha	70,8	
	22		Cinza	86,4	61		Vanila	23,9	
	23		Cinza BR	61,1	62		Amarelo Canário	25,2	
	24		Crepúsculo	66,0	63		Areia	35,7	
	25		Flamingo	47,3	64		Azul Profundo	76,0	
	26		Marfim	33,9	65		Branco Neve	16,2	
	27		Palha	39,6	66		Branco Gelo	28,1	
	28		Pérola	33,9	67		Camurça	53,2	
	29		Preto	97,1	68		Cerâmica	65,3	
	30		Telha	69,6	69		Concreto	71,6	
	31		Terracota	68,4	70		Flamingo	44,4	
	32		Verde Quadra	75,5	71		Marfim	24,5	
	33		Vermelho	64,2	72		Palha	26,4	
Látex PVA Fosca	34		Amarelo Canário	29,3	73		Pérola	22,9	
	35		Amarelo Terra	61,4	74		Pêssego	29,8	
	36		Areia	39,0	75		Preto	97,4	
	37		Azul angra	32,3	76		Vanila	27,7	
	38		Bianco Sereno	26,6	77		Verde Musgo	79,8	
	39		Branco	11,1	78		Vermelho Cardinal	63,3	

\* As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas.

\*  $\alpha$ : 300 a 2500 nm (Espectro solar total).

Fonte: catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros (disponível em:

[https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/AnexoV\\_CatalogoPropriedadesTermicas%20v27NOV2017.pdf](https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/AnexoV_CatalogoPropriedadesTermicas%20v27NOV2017.pdf))

## 2.2.2 RESISTÊNCIA TÉRMICA

A NBR 15220-2 (ABNT, 2022) define resistência térmica como sendo o “Valor de resistência de um produto de construção sob condições externas e internas específicas que podem ser consideradas como típicas do desempenho deste produto quanto incorporado ao componente construtivo”. Em outras palavras, é o quanto esse material, ou componente construtivo, resiste à passagem de calor, logo

quanto maior for sua espessura e densidade, mais resistente este material será à passagem de calor.

Pode-se obter o valor da resistência térmica tendo o valor da condutividade térmica já conhecida do material e da sua espessura (Lamberts et al., 2014). Pela Equação 1 observa-se que a resistência térmica é inversamente proporcional a condutividade térmica do material de construção, conseqüentemente quanto maior a condutividade térmica de um material, menor a resistência térmica deste material a transferência de calor.

**Eq. (1)**

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Onde:

$R$  é a resistência térmica, expressa em metro quadrado Kelvin por Watt ( $m^2.K/W$ );

$d$  é a espessura da camada de material do componente, expressa em (m);

$\lambda$  é a condutividade térmica de projeto para o material, expresso em Watt por metro Kelvin [ $W/(m.K)$ ].

A resistência térmica de um material homogêneo é calculada simplesmente pela equação, já em materiais heterogêneos, faz-se necessário verificar o método de cálculo da NBR 15.220-2 (ABNT, 2022).

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021) destaca que o valor de condutividade térmica de um material deve ser determinado por meio de medição laboratorial, ou por comprovação do fabricante. Para materiais com condutividades térmicas acima de  $0,3 W/(m.K)$ , permite-se a estimativa da condutividade a partir da densidade de massa aparente, utilizando os dados da NBR 15220-2 (ABNT, 2005b).

### 2.2.3 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

Transmitância térmica ou coeficiente global de transferência de calor, como a norma NBR 15220-1 (ABNT, 2024) define, é o inverso da resistência térmica total, sendo seu símbolo “U” e unidade é W/m<sup>2</sup>K. (Eq. 2):

Eq. (2)

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

Onde:

U é a transmitância térmica, expressa em watt por metro quadrado Kelvin [W/(m<sup>2</sup>.K)];

R<sub>total</sub> é a resistência térmica total, expressa em metro quadrado Kelvin por watt (m<sup>2</sup>.K/W).

Lamberts et al. (2014) afirmam que a transmitância é a variável mais importante para avaliação do desempenho de fechamentos opacos. Através desta variável se pode avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor.

A NBR 15575-1 (ABNT, 2021a) descreve que a transmitância térmica utiliza o método de cálculo da NBR 15220-2 (ABNT, 2022). Para a transmitância térmica de paredes externas, adota-se o termo U<sub>par</sub>, e a transmitância térmica de coberturas é tratada pelo termo U<sub>cob</sub>. Nas Tabelas 1 e 2 é possível obter os valores recomendados de transmitância térmica para parede e cobertura de cada zona bioclimática. Na Tabela 1 são apresentados os valores de Transmitância térmica das paredes para a zona bioclimática de Florianópolis (zona bioclimática 3), e na Tabela 2 os valores de Transmitância térmica máximos para coberturas.

**Tabela 1 - Transmitância de referência para paredes externas**

Transmitância térmica de paredes (U <sub>par</sub> ) W/m <sup>2</sup> .K)	
Zona bioclimática 3	
$\alpha_{par^a} \leq 0,6$	$\alpha_{par^a} > 0,6$
U <sub>par</sub> ≤ 3,7	U <sub>par</sub> ≤ 2.5

Fonte: ABNT NBR 15575-4 2021, adaptado pelo autor.

**Tabela 2 - Transmitância de referência para coberturas**

Transmitância térmica de coberturas (U <sub>cob</sub> ) W/m <sup>2</sup> .K)	
Zona bioclimática 3	
$\alpha_{cob^a} \leq 0,4$	$\alpha_{cob^a} > 0,4$
U <sub>cob</sub> ≤ 2,3	U <sub>cob</sub> ≤ 1,5

Fonte: ABNT NBR 15575-5 2021, adaptado pelo autor.

## 2.2.4 CAPACIDADE TÉRMICA

A NBR 15220-2 (ABNT, 2022), apresenta que capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, e que pode ser determinada pela equação 3. Segundo Lamberts et al. (2014), um material de grande capacidade térmica necessita de uma grande quantidade de calor para variar em um grau de temperatura seus componentes por uma unidade de área.

**Eq. (3)**

$$C = \sum_{j=1}^n \lambda_j \times R_j \times c_j \times \rho_j = \sum_{j=1}^n e_j \times c_j \times \rho_j$$

Onde:

C é a capacidade térmica, expressa em kilojoules por metro quadrado Kelvin [kJ/(m<sup>2</sup>.K)];

$\lambda_j$  é a condutividade térmica do material da camada  $j$ , expressa em Watt por metro Kelvin [W/(m.K)];

$R_j$  é a resistência térmica da camada  $j$ , expressa em metro quadrado Kelvin por Watt ( $m^2.K/W$ );

$e_j$  é a espessura da camada  $j$ , expressa em metros (m);

$c_j$  é o calor específico do material da camada  $j$ , expresso em quilojoules por quilograma Kelvin [kJ/(kg.K)];

$\rho_j$  é a densidade de massa aparente do material da camada  $j$ , expressa em quilograma por metro cúbico ( $kg/m^3$ ).

A NBR 15.575 (ABNT, 2021b) ainda aponta que para paredes externas adota-se o termo CT<sub>par</sub> (Capacidade Térmica de paredes), e que quando essas paredes estão em APP devem possuir capacidade térmica igual ou superior a 130 KJ/m<sup>2</sup>.K para Florianópolis.

### **2.2.5 FATOR SOLAR DE ELEMENTOS TRANSPARENTES**

Em um sistema de abertura (fechamento vertical transparente) o Fator Solar (FS) é a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela pelo que nela incide. Sendo que o valor do FS altera conforme cada tipo de abertura e ângulo de incidência da radiação solar (Lamberts et. al., 2014).

A NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) estabelece restrições para a área de superfície de elementos transparentes em ambientes de permanência prolongada (APP). Essas restrições levam em consideração a presença de sombreamento horizontal, o fator solar do vidro e a etiqueta da esquadria, conforme especificado pela ABNT NBR 10821. O percentual de elementos transparentes pode ser maior

num APP dependendo do fator solar máximo ou do nível de desempenho etiquetado numa esquadria pela NBR 10.821.

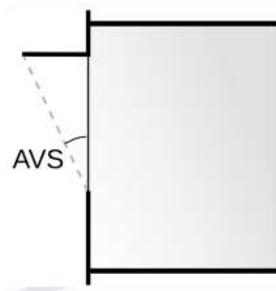
A latitude de Florianópolis é de  $-27,5^\circ$ , com esse dado é possível acompanhar na Tabela 3 (trecho retirado da NBR 15575-4 - ABNT, 2021b), o percentual de elementos transparentes máximo com base no ângulo vertical de sombreamento (AVS). A figura 4 representa em corte como é considerado o (AVS).

**Tabela 3 - Percentual de elementos transparentes (Pt,APP)%**

Ângulo vertical de sombreamento (AVS) °	Fachadas Leste e Oeste	Latitudes $< -15^\circ$
		Fachada Norte
30	22	24
35	23	27
40	25	29
45	27	33

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2021b)

**Figura 4: Representação em corte do ângulo vertical de sombreamento (AVS)**



Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2021b).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é caracterizado como uma pesquisa aplicada (Leão, 2017), que visa encontrar soluções às necessidades apresentadas na realidade. A pesquisa aplicada é movida por razões de ordem prática, com objetivo de atender às exigências da vida moderna. Nesse caso, sendo

o objetivo contribuir para fins práticos e pela busca de soluções para problemas concretos (Andrade, 2017).

O objeto de estudo, a seguir melhor apresentado, são dois sistemas construtivos de fechamentos verticais diferentes, executadas com projeto arquitetônico de residências unifamiliares similares. O objetivo geral deste trabalho é comparar o comportamento térmico e paralelamente avaliar se atendem aos requisitos mínimos de desempenho térmico da NBR 15.575 (ABNT, 2021a,b,c).

O método utilizado para avaliar e comparar o desempenho térmico das residências iniciou com a pesquisa bibliográfica, e seguiu com as etapas a seguir:

- a) Verificação ao atendimento (ou não) do desempenho térmico mínimo do projeto de ambas as casas que são objeto deste estudo, pelo procedimento simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2021a,b,c);
- b) Comparação através de dados reais de temperatura, do comportamento térmico de duas edificações com projeto arquitetônico similar e métodos construtivos diferentes, mas durante as mesmas condições climáticas externas;
- c) Estimar se o conforto térmico foi alcançado durante o período das medições in situ, nas duas edificações;
- d) Caso não ocorra o atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2021b, c), propor recomendações e melhorias no sistema construtivo, área de aberturas, etc, com base nos resultados das análises feitas, com vistas a pelo menos o atendimento mínimo do desempenho térmico pelo método prescritivo.

A Tabela 4 relaciona de forma sucinta os materiais e métodos utilizados para alcançar os objetivos específicos deste TCC. Em seguida é feita uma apresentação das edificações objeto de estudo, e após é melhor descrito as etapas e as atividades feitas neste TCC.

Tabela 4 - Metodologia do Trabalho separada por objetivo específico

Objetivo Específico	Metodologia		
	Método	Materiais	Resultado Esperados
Determinar pelo procedimento simplificado da NBR 15575 se as duas residências atendem ao desempenho térmico mínimo estabelecido pela norma de desempenho.	<p>Pesquisa bibliográfica; Análise da NBR 15575 , estruturação em tabelas dos parâmetros da edificação (ambientes, aberturas e térmicos) a serem analisados.</p> <p>Levantamento das características térmicas do sistema construtivo da envoltória das residências, áreas, ambientes, localização, orientação solar, etc. <i>Visita in loco</i>.</p>	<p>Documentos fornecidos pela empresa que executou a obra, projetos, NBR 15575 (ABNT, 2021a, b e c); normas técnicas (NBR 15.220 e outras referenciadas pelas NBR 15.575), dissertações, artigos, laudos existentes, etc. Computador pessoal. Biblioteca do IFSC.</p>	<p>Estimativa dos valores das características térmicas, dos ambientes e das áreas de aberturas e verificação de atendimento (ou não) ao desempenho mínimo pelo método simplificado (ABNT, 2021b e c).</p>
Comparação do comportamento térmico das duas edificações.	<p>Disposição de equipamentos de medição de temperatura e umidade dentro dos ambientes como sala e dormitórios nas duas residências (em fase final de construção);</p> <p>Coleta de dados horários;</p> <p>Tratamento dos dados, análise em softwares.</p>	<p><i>Dataloggers</i> (medidores de temperatura e umidade) marca Hobo (já disponibilizados pelo IFSC); materiais para fixação dos equipamentos; objeto de estudo; normas técnicas; software dos equipamentos; Excel, computador pessoal.</p>	<p>Gráficos com distribuição horária dos dados medidos.</p>

Fonte: Autor

### 3.1 Os Objetos de Estudo

Os objetos de estudo são residências localizadas em um terreno plano dentro de um condomínio fechado no bairro Morro das Pedras, em Florianópolis - SC (vide figura 5 - Planta do Condomínio). O condomínio é formado por diversos módulos, sendo que todos com projetos arquitetônicos similares, sendo a predominância deles construída em paredes de concreto. No entanto, há apenas um módulo construído

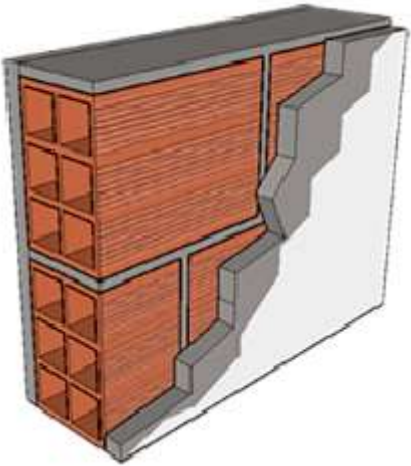
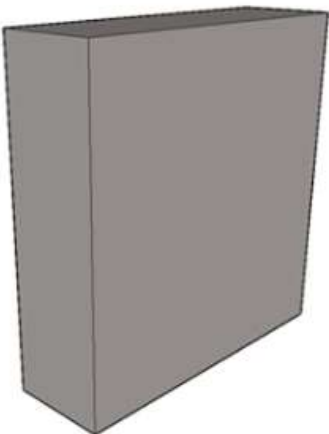
com fechamentos verticais em alvenaria, logo esta é a única opção de residência para comparação com as edificações similares, mas com paredes de concreto. O módulo de residências em alvenaria tradicional foi o primeiro a ser executado, e sua tipologia “A” foi a escolhida como residência modelo para visitação. Ao longo do desenvolvimento do empreendimento, o sistema de paredes foi alterado para parede de concreto devido   redução de custos e ao encurtamento do tempo de execução (Figura 6), sem que essa mudanç a tenha sido motivada por questões de desempenho ou conforto térmico.

Figura 5 - Planta do Cond mnio



Fonte: Construtora

**Figura 6 - Componentes construtivos.**

 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>
<p>Paredes em Argamassa interna 2.5 cm   Bloco cerâmico 14x19x29 cm   Argamassa Externa 2.5 cm</p>	<p>Parede em concreto maciço 12 cm</p>

Fonte: Projeteo 2023

O módulo das casas em alvenaria segue a tipologia A-E-E-B (Figura 7 - Tipologia A-E-E-B), composta por uma residência "A", que possui sótão, duas residências centrais "E" (sendo uma delas espelhada em relação à outra) e, por fim, uma residência "B" no outro extremo.

**Figura 7 - Tipologia A-E-E-B**



Fonte: Construtora

Em parede de concreto, existem apenas dois módulos com a mesma sequência de tipologia e orientação solar. Como o condomínio estava em obras, foi

necessário realizar uma análise do projeto de implantação, com o objetivo de garantir que uma dupla de casas (concreto e alvenaria) apresentassem características compatíveis de tipologia e orientação solar.

Ao realizar essa análise notou-se que apesar de algumas casas da tipologia “E” serem da mesma orientação solar, apresentavam sombreamentos diferentes devido as casas de tipologia “A” estarem dispostas em lados diferentes. Para atender a esse requisito, foi elaborado um mapeamento no condomínio das tipologias similares (veja a Figura 8 - Planta de Tipologias Compatíveis).

Figura 8 - Planta de Tipologias Compatíveis



Fonte: Autor

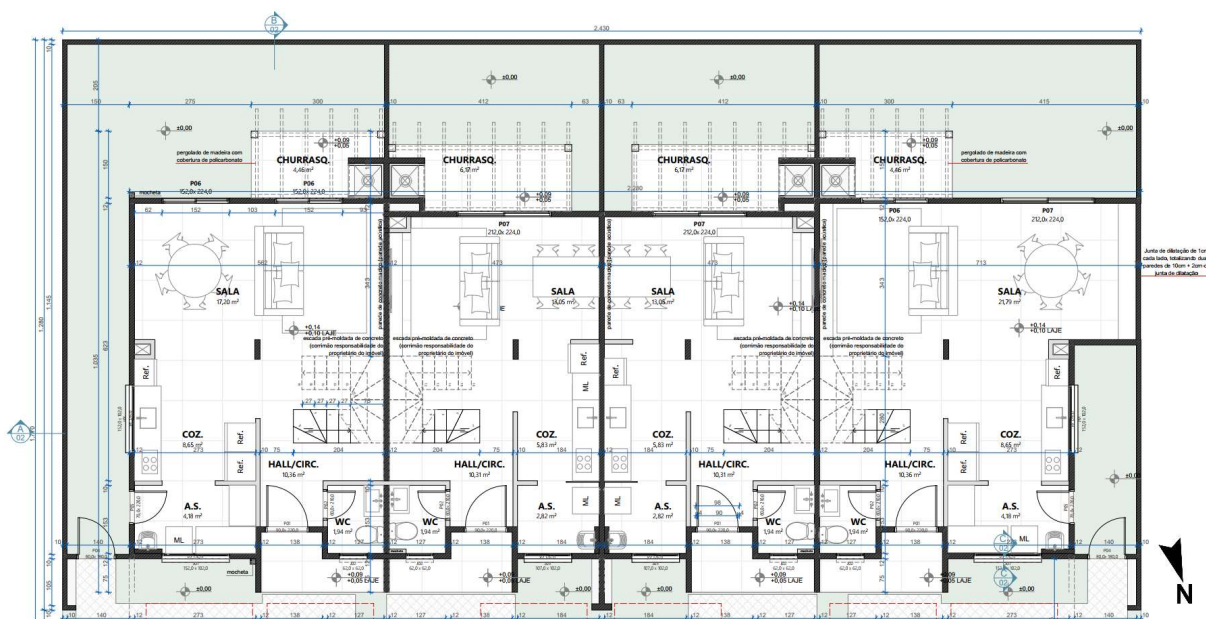
O módulo de residência (A-E-E-B) identificado em cor vermelha na Planta de Tipologias Compatíveis (Figura 8) é referentes às únicas residências construídas pelo método de alvenaria no condomínio, enquanto que todos os demais módulos são em parede de concreto. As tipologias pintadas em azul são as residências em parede de concreto que seguem as mesmas tipologias e condições solares que as casas de alvenaria, possibilitando uma melhor comparação de desempenho térmico.

A proximidade das edificações possibilita uma comparação direta, pois estão localizadas no mesmo microclima. A escolha das casas para os testes, em cada final de semana, foi baseada nas melhores opções disponibilizadas pelos responsáveis pela obra. Com o condomínio ainda em execução, as unidades selecionadas foram as que ofereciam as melhores condições para os ensaios e evitassem a interferência dos trabalhadores. Outro aspecto para uma comparação mais precisa, a dupla de edificações onde eram feitas as medições de temperatura e umidade, tinham as mesmas condições e orientação solar, assim respeitando o mapeamento (Figura 8). Esses critérios foram assegurados em todos os ensaios.

Todas as janelas são em estrutura de alumínio, com vidro. Para as casas de tipologia “A” a cobertura é do tipo estrutura de madeira com coberta com telhas shingle. Já as demais tipologias são com cobertura em laje impermeabilizada com manta aluminizada. Em todas tipologias a interligação entre pavimentos é uma escada pré-moldada em concreto.

Os arquitetos responsáveis por essas residências priorizaram não apenas a estética, mas também a funcionalidade e a usabilidade das casas. As casas compartilham uma disposição interna semelhante, ambas possuem dois pavimentos, e somente nas tipologias “A” mais um andar de sótão. O primeiro pavimento de ambas (Figura 9 - Planta Térreo Casas) inclui uma sala de estar e jantar integradas, uma cozinha, uma área de serviço, um lavabo e um hall de circulação. Nos fundos, cada residência possui uma área gourmet com churrasqueira, projetada para interagir de forma funcional com as áreas comuns da casa.

Figura 9 - Planta Térreo Casas.



Fonte: Construtora.

No segundo pavimento, as duas residências são compostas por três quartos, sendo um deles com suíte e os outros dois sem banheiros privativos, além de uma circulação que interliga esses espaços e um banheiro de uso comum (Figura 10 - Planta Segundo Pavimento Casas).

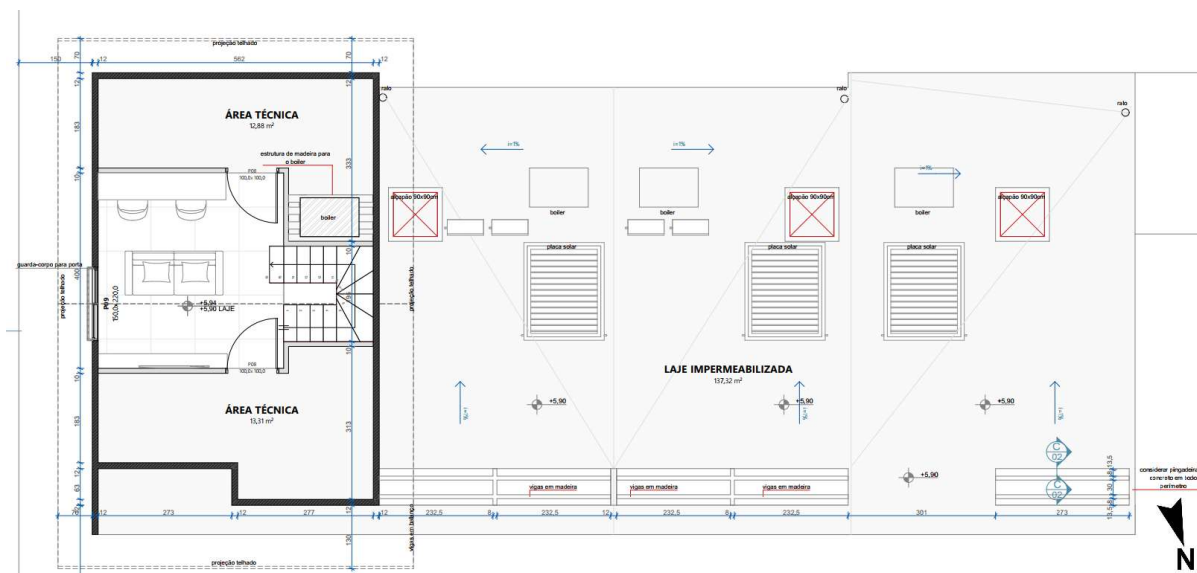
Figura 10 - Planta Segundo Pavimento Casas.



Fonte: Construtora.

O terceiro pavimento abriga um sótão e duas áreas técnicas, com teto em forro de madeira inclinado seguindo a inclinação do telhado, possibilitando tornar o pé-direito mais alto, conforme a Figura 11 (Planta Terceiro Pavimento Casas).

**Figura 11 - Planta Terceiro Pavimento Casas.**



Fonte: Construtora.

### 3.2 Avaliação das características térmicas dos sistemas construtivos das residências pelo procedimento simplificado da NBR 15.575

Antes de iniciar os experimentos práticos, foram efetuados os registros das características físicas dos Objetos de Estudo, abrangendo informações sobre materiais de construção, estruturas, disposição interna, sistemas de esquadrias, todas obtidas a partir dos documentos e projetos fornecidos pela construtora. Além de orientação solar e localização geográfica.

As informações de transmitância térmica e capacidade térmica que são necessárias para a avaliação do desempenho térmico pelo o método simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2021), foram obtidas pela ferramenta online Projeteer. Foram utilizadas as partes 4 e 5 da NBR 15.575 no item de desempenho térmico de paredes e cobertura, respectivamente.



Além disso, foi realizada a avaliação dos critérios de atendimento mínimo, por meio do procedimento simplificado estabelecido pela NBR 15.575 parte 4, das áreas de aberturas para ventilação e área de vidro.

### 3.4. Medição de temperatura e umidade nas edificações

As edificações a serem comparadas, estão ainda sem uso, mas já se encontram com todos os componentes construtivos prontos para a realização dos ensaios in situ.

Os equipamentos utilizados são dataloggers da marca Hobo que medem temperatura e umidade, fornecidos pelo IFSC, da Onset Corporation (Tabela 5). Os dados coletados foram pré-processados no software gratuito da empresa e, em seguida, transferidos para o Excel para análise.

**Tabela 5: Descrição dos sistemas de aquisição utilizados para medição das temperaturas.**

Modelo	Imagem	Faixa de medição	Acurácia
HOBO® Temp/RH Data Logger MX2301		-40°C a 70°C	± 0,20 °C e ± 2.5% UR
HOBO® Temp/RH Data Logger UX100-003		-20°C a 70°C	± 0.21°C e ±3,5% UR

**Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos manuais dos equipamentos.**

Os *dataloggers* foram posicionados sempre na mesma altura, 1,20m em relação ao piso, e o mais centralizado possível dentro de cada ambiente das residências ensaiadas, com exceção das salas pois não possuíam um ponto de luz centralizado. Como os *dataloggers* eram pendurados diretamente no ponto de luz, essa limitação dificultaria a instalação, tornando a escada o local mais adequado para a fixação, conforme mostrado nas Figuras 12, 13, 14, 15 e 16. As imagens

foram registradas durante um estudo piloto, realizado em um fim de semana, com o objetivo de treinar o uso dos equipamentos e testar a viabilidade das medições *in situ* para este TCC.

**Figura 12 - Cozinha e sala casa em parede de concreto.**



**Fonte: Autor**

**Figura 13 - Quarto norte casa em parede de concreto.**



**Fonte: Autor**

**Figura 14 - Quarto sul casa em parede de concreto.**



**Fonte: Autor**

Figura 15 - Sótão casa em parede de concreto.



Fonte: Autor

Figura 16 - Datalogger instalado parede sul casa em alvenaria.



Fonte: Autor

O Data Logger MX2301 foi colocado na parte externa da fachada sul de uma das casas (alvenaria), protegido da radiação solar direta e das intempéries.

A proposta inicial era deixar os equipamentos medindo de janeiro de 2024 até junho de 2024, e no máximo a cada 2 meses seria feita a coleta de dados. Porém, ainda durante o teste piloto foi observado que se fosse deixado por um período muito prolongado haveria interferência humana. Logo os ensaios tiveram que ser realizados somente em períodos onde o condomínio não estava em atividade, que foram os finais de semana sem visitação.

As medições foram feitas a cada 15 minutos (temperatura e umidade), e depois feita a média dos quatro dados de temperatura e umidade medidos dentro de uma hora (medições feitas a cada 15 min). Os dados de temperatura foram analisados em gráficos de distribuição de temperatura ao longo do tempo.

## **4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados deste trabalho vão ser apresentados na ordem em que foram feitos. Primeiro, vão ser mostrados os resultados dos ensaios com o procedimento simplificado da norma, seguidos pelos resultados das medições de temperatura nas residências.

### **4.1 Resultado dos ensaios pelo procedimento simplificado**

A apresentação dos resultados seguirá as diretrizes do procedimento simplificado de avaliação de desempenho térmico da NBR 15.575 (ABNT, 2021a,b,c) apresentado no capítulo da Fundamentação Teórica.

#### **4.1.1 Resultados de avaliação das características térmicas das paredes**

Os valores de transmitância térmica obtidos no site Projeteee (<http://www.mme.gov.br/projeteee>) para as paredes dos objetos de estudo foram: 1,83 W/m<sup>2</sup>.K para parede em alvenaria de bloco cerâmico; e 4,19 W/m<sup>2</sup>.K para parede em concreto moldado no local. Conforme apresentado na Tabela 6, quando a

absortância solar ( $\alpha$ ) for inferior a 0,6, a transmitância térmica ( $U_{par}$ ) da parede deve ser menor que 3,7 W/m<sup>2</sup>.K. Já para valores de  $\alpha$  superiores a 0,6, a transmitância térmica máxima permitida é 2,5 W/m<sup>2</sup>.K. (ABNT, 2021b). Como a fachada das residências possui duas cores distintas, branco e cinza, sendo que em um mesmo ambiente esses tons não ocorrem em simultâneo, foi necessário analisar separadamente cada tonalidade. Para isso, foram consultados conforme mostrado na Figura 3, os valores de absortância solar ( $\alpha$ ) das superfícies. Considerando a cor branca como “branco gelo” e cinza como “concreto”, temos respectivamente os valores de 0,372 e 0,745 para ( $\alpha$ ) das superfícies.

A tabela 6 apresenta o resumo das avaliações das paredes dos dois sistemas construtivos.

**Tabela 6 - Transmitância Térmica e Absortância Solar.**

Parede	Transmitância Térmica ( $U_{par}$ ) W/(m <sup>2</sup> .K)	Branco	Cinza
		$\alpha \leq 0,6$ ; $U_{par} \leq 3,7$	$\alpha > 0,6$ ; $U_{par} \leq 2,5$
Alvenaria	1,83	sim	sim
Concreto moldado	4,19	não	não

**Fonte: Autor**

A parede de concreto moldado no local não atingiu os critérios mínimos de transmitância térmica da norma 15575-4, independente da cor que fosse pintada por fora. Já a parede de alvenaria atendeu ao critério de de transmitância térmica, inclusive com a parede pintada de cinza.

Com relação à capacidade térmica o valor para zona bioclimática 3 deve ser superior a 130 kJ/(m<sup>2</sup>.K). O valor obtido pela ferramenta Projeteer para as paredes de bloco cerâmico é 161 kJ/(m<sup>2</sup>.K), enquanto que para parede em concreto moldado no local é de 288 kJ/(m<sup>2</sup>.K). Com esses dados, foi possível elaborar a Tabela 7 e verificar que, em ambos os métodos construtivos, os valores atendem aos níveis mínimos exigidos pela NBR 15.575-4 (ABNT, 2021b).

**Tabela 7 - Capacidade Térmica das Paredes.**

Parede	Capacidade Térmica da Parede (CT <sub>par</sub> ) kJ/(m <sup>2</sup> .K)	Zona bioclimática 3 CT <sub>par</sub> ≥ 130 kJ/(m <sup>2</sup> .K)
Alvenaria	161	sim
Concreto moldado	288	sim

Fonte:Autor

#### 4.1.2 Resultados percentual de abertura para ventilação

Embora que para comparar diretamente os métodos construtivos não fosse necessário considerar os percentuais de ventilação e elementos transparentes, como o estudo segue o procedimento simplificado da NBR 15.575-4, esses dados acabam sendo importantes. Eles influenciam na dissipação do calor e no conforto térmico, além de ajudarem na avaliação final dos resultados obtidos *in loco*, deixando a análise mais completa e dentro do que a norma exige.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2021b) estabelece que, para a Zona Bioclimática 3, o percentual de abertura para ventilação (P<sub>v,APP</sub>), que corresponde à razão entre a área de abertura para ventilação (A<sub>v,APP</sub>) e a área de piso (A<sub>p,APP</sub>), deve ser superior ou igual a 7%.

A tabela 8 apresenta os detalhamentos das esquadrias, junto com sua área total de vidro e área livre para ventilação.

**Tabela 8 - Tabela de Esquadrias.**

Identificação	Tamanho L x A (cm)	Tipo de abertura	Material	Área de esquadria (m <sup>2</sup> )	Área de vidro (m <sup>2</sup> )	Área de abertura de ventilação (m <sup>2</sup> )
P01	90 x 220	Abrir Simples	Madeira	1,98	0,00	1,90
P02	60 x 210	Abrir Simples	Madeira	1,26	0,00	1,21
P03	70 x 210	Abrir Simples	Madeira	1,47	0,00	1,41
P05	70 x 220	Abrir Simples	Alumínio	1,54	0,00	1,47
P06	152 x 224	Correr 2 Folhas	Alumínio	3,40	2,91	1,50
P07	212 x 224	Correr 2 Folhas	Alumínio	4,75	4,00	2,05
P08	100 x 100	Abrir Simples	Veneziana   Alumínio	1,00	0,00	1,00
P09	150 x 220	Correr 2 Folhas	Alumínio	3,30	2,81	1,45
J01	152 x 102	Correr 2 Folhas	Alumínio	1,55	1,10	0,64
J02	62 x 62	Basculante	Alumínio	0,38	0,24	0,32
J03	107 x 102	Correr 2 Folhas	Alumínio	1,09	0,72	0,43
J04	152 x 122	Correr 2 Folhas com persiana de rolo	Alumínio	1,85	1,18	0,69

**Fonte: Autor**

Em seguida, analisou-se quais esquadrias pertencem a cada ambiente. Para os casos em que um ambiente possui mais de uma esquadria ou quando diferentes espaços são considerados como um único ambiente na planta, foi necessário somar as áreas de todas as esquadrias e das respectivas áreas de piso para uma análise conjunta. Dessa forma, ao calcular a razão entre as áreas das esquadrias e as áreas de piso, foi possível elaborar a Tabela 9, na qual se observa que todos os Quartos Norte e um dos Quartos Sul não atenderam aos critérios mínimos de percentual de ventilação (Pv,APP), apresentando valores inferiores a 7%.

**Tabela 9 - Percentual de Abertura para Ventilação.**

Tipologia	Sala + Cozinha + Área de Serv. + Hall			Quarto Norte		
	Σ Abertura esquadrias	Σ Piso	P <sub>V,APP</sub> (%)	Abertura esquadrias	Piso	P <sub>V,APP</sub> (%)
A	7,65m <sup>2</sup>	40,39m <sup>2</sup>	18,94%	0,69m <sup>2</sup>	12,09m <sup>2</sup>	5,71%
E	5,36m <sup>2</sup>	32,01m <sup>2</sup>	16,74%	0,69m <sup>2</sup>	11,75m <sup>2</sup>	5,87%
B	7,56m <sup>2</sup>	44,98m <sup>2</sup>	16,81%	0,69m <sup>2</sup>	12,09m <sup>2</sup>	5,71%

Tipologia	Quarto Sul			Sótão		
	Abertura esquadrias	Piso	P <sub>V,APP</sub> (%)	Abertura esquadrias	Piso	P <sub>V,APP</sub> (%)
A	0,69m <sup>2</sup>	8,23m <sup>2</sup>	8,38%	1,45m <sup>2</sup>	15,18m <sup>2</sup>	9,55%
E	0,69m <sup>2</sup>	10,15m <sup>2</sup>	6,80%	x	x	x
B	0,69m <sup>2</sup>	8,23m <sup>2</sup>	8,38%	x	x	x

Fonte: Autor

#### 4.1.4 Resultados percentual de elementos transparentes

Assim como na etapa anterior, em percentual de abertura para ventilação, a norma 15575-4 apresenta uma tabela com critérios mínimos a serem seguidos. Na tabela explica que em ambientes de até 20m<sup>2</sup> de piso, o percentual de elementos transparentes deve ser inferior a 20%. Já em casos em que a área de piso é maior que 20m<sup>2</sup>, a área de superfície dos elementos transparentes não deve ser maior que 4m<sup>2</sup>.

Realizando os cálculos necessários, foi possível a confecção da Tabela 10, que expressa os seguintes dados: área de superfície dos elementos transparentes (At,App), área de piso (Ap,APP), e percentual de elementos transparentes (Pt,APP). Com esses dados pode-se fazer a análise para cada ambiente, e a conclusão é que todos com exceção da sala foram atendidos nestes critérios.

**Tabela 10 - Percentual de Elementos Transparentes**

Tipologia	Sala + Cozinha + Área de Serv. + Hall			Quarto Norte		
	$\Sigma At_{APP}$	$\Sigma$ Piso	Pt <sub>APP</sub> (%)	At <sub>APP</sub>	Piso	Pt <sub>APP</sub> (%)
A	8,02m <sup>2</sup>	40,39m <sup>2</sup>	19,86%	1,18m <sup>2</sup>	12,09m <sup>2</sup>	9,76%
E	4,00m <sup>2</sup>	32,01m <sup>2</sup>	12,50%	1,18m <sup>2</sup>	11,75m <sup>2</sup>	10,04%
B	8,01m <sup>2</sup>	44,98m <sup>2</sup>	17,81%	1,18m <sup>2</sup>	12,09m <sup>2</sup>	9,76%
Tipologia	Quarto Sul			Sótão		
	At <sub>APP</sub>	Piso	Pt <sub>APP</sub> (%)	At <sub>APP</sub>	Piso	Pt <sub>APP</sub> (%)
A	1,18m <sup>2</sup>	8,23m <sup>2</sup>	14,34%	2,81m <sup>2</sup>	15,18m <sup>2</sup>	18,51%
E	1,18m <sup>2</sup>	10,15m <sup>2</sup>	11,63%	x	x	x
B	1,18m <sup>2</sup>	8,23m <sup>2</sup>	14,34%	x	x	x

**Fonte: Autor**

Pode-se observar que, como o ambiente da sala foi considerado juntamente com outros ambientes, formando um único grande espaço, isso resultou em uma metragem elevada de At,APP, passando assim o limite de 4m<sup>2</sup> estabelecido. Mesmo com as proteções solares nas aberturas da sala, o ângulo vertical de sombreamento não atinge o valor mínimo para possibilitar o aumento da área transparente.

#### **4.2 Resultado das medições no local**

As medições no local foram realizadas durante seis finais de semana, e como nem sempre ocorreram nas mesmas residências, gerou a necessidade de controlar os dias em que os equipamentos foram instalados e nas casas em que isso aconteceu. Isso se deve ao fato de que cada residência pode ter plantas e orientações solares diferentes, o que pode afetar os resultados e, conseqüentemente, a avaliação desses resultados. A forma mais simples encontrada para esse controle foi a criação de uma tabela, conforme mostrado na (Tabela 11).

Tabela 11 - Controle das Medições

Instalação dos dataloggers	Retirada dos dataloggers	Nº Casa	Tipologia	Método construtivo	Identificação dos datalogger			
					Sala / cozinha	Quarto Norte	Quarto Sul	Sótão
6/9/24 3:38 PM	9/9/24 7:00 AM	43	E	Alvenaria	8	5	7	x
		83	E	Concreto	3	4	1	x
14/9/24 8:04 AM	16/9/24 7:00 AM	43	E	Alvenaria	3	2	7	x
		83	E	Concreto	4	5	1	x
21/9/24 9:14 AM	23/9/24 7:00 AM	44	A	Alvenaria	8	3	6	1
		84	A	Concreto	5	4	7	2
28/9/24 7:51 AM	30/9/24 7:00 AM	44	A	Alvenaria	5	8	2	6
		68	A	Concreto	4	1	3	7
5/10/24 11:17 AM	7/10/24 7:00 AM	41	B	Alvenaria	6	8	2	x
		65	B	Concreto	1	4	5	x
19/10/24 10:01 AM	21/10/24 7:00 AM	44	A	Alvenaria	4	8	3	6
		28	A	Concreto	7	1	2	5

x = não possui sótão

Fonte: Autor

### Ensaio 1 - De 06/09/2024 a 09/09/2024

Esse foi o primeiro ensaio de fato, apesar de ter acontecido um anterior, durante o Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (PTCC), o mesmo foi desconsiderado pois ocorreu muitas variáveis, como casas em posição solares diferentes, além de que uma estava com esquadrias completas e outra não.

O deste ensaio, dias 06/09/2024 a 09/09/2024, as residências foram 43 e 83, conforme suas localizações podem ser vistas na Figura 5, as duas são da tipologia “E”, que durante as manhãs recebem sombreamento causados pelas residência vizinha, residências 44 e 84, que possuem sótão. Como as residências em teste não possuem cobertura em telhado mas sim em laje impermeabilizada, esse sombreamento causou diferença.

O comportamento térmico de todos os ambientes seguiu um padrão semelhante, variando conforme a temperatura externa, porém com menor amplitude. Nos quartos, localizados no segundo pavimento, logo abaixo da laje de cobertura, as temperaturas foram muito próximas entre si, independentemente do tipo de parede, devido ao mesmo método de execução da laje de cobertura em ambas as

residências. Já as salas, situadas no térreo e sem influência direta da carga térmica da cobertura, apresentaram diferenças mais significativas, sendo que a sala com parede de concreto registrou temperaturas mais elevadas em comparação à de alvenaria. (Figura - 17)

### **Ensaio 2 - De 14/09/2024 a 16/09/2024**

Neste final de semana, assim como no primeiro ensaio, as medições foram realizadas nas casas 43 e 83, impossibilitando a análise do comportamento térmico dos sótãos, já que essas residências não possuem esse ambiente.

O gráfico demonstra que, com a queda da temperatura externa, os ambientes internos seguiram essa variação de forma mais equilibrada, possivelmente devido à ausência de carga térmica interna, como pessoas e equipamentos. Ao final do ensaio, a sala apresentou uma temperatura interna mais elevada do que os quartos, o que pode estar relacionado à inércia térmica do solo. (Figura - 18)

### **Ensaio 3 - De 21/09/2024 a 23/09/2024**

No 3º final de semana de ensaio, foi possível realizar medições em residências que comportam sótão, especificamente nas casas 44 e 84, ambas da tipologia "A". A casa 44, construída em alvenaria, foi utilizada como modelo para visita, e suas fachadas são voltadas para a valorização do sol da manhã.

Os resultados desse ensaio indicaram que a temperatura no sótão foi superior à temperatura externa, evidenciando um efeito estufa. Observou-se que o método de fechamento das paredes teve pouca influência nesse ambiente, uma vez que a cobertura exerce um impacto significativo no comportamento térmico. Diferentemente dos testes anteriores, os quartos agora possuem um pavimento acima, o que proporcionou uma faixa de amplitude térmica mais constante entre os dormitórios e a sala. Nesse contexto, a influência do sistema de fechamento vertical se tornou mais evidente, com os ambientes construídos em parede de concreto registrando temperaturas internas mais elevadas. (Figura 19)

**Ensaio 4 - De 28/09/2024 a 30/09/2024**

Novamente, o ensaio foi realizado nas residências da tipologia “A”, nas casas 44 e 68. Por se tratar da mesma tipologia analisada no final de semana anterior, observou-se um comportamento térmico semelhante entre os ambientes. (Figura - 20)

**Ensaio 5 - De 05/10/2024 a 07/10/2024**

Neste final de semana, foi realizado o primeiro e único ensaio nas residências da tipologia “B”, especificamente nas casas 41 e 65. Essas residências recebem maior incidência de sol no período da tarde, pois possuem mais fachadas voltadas para o sol poente em comparação com as demais casas.

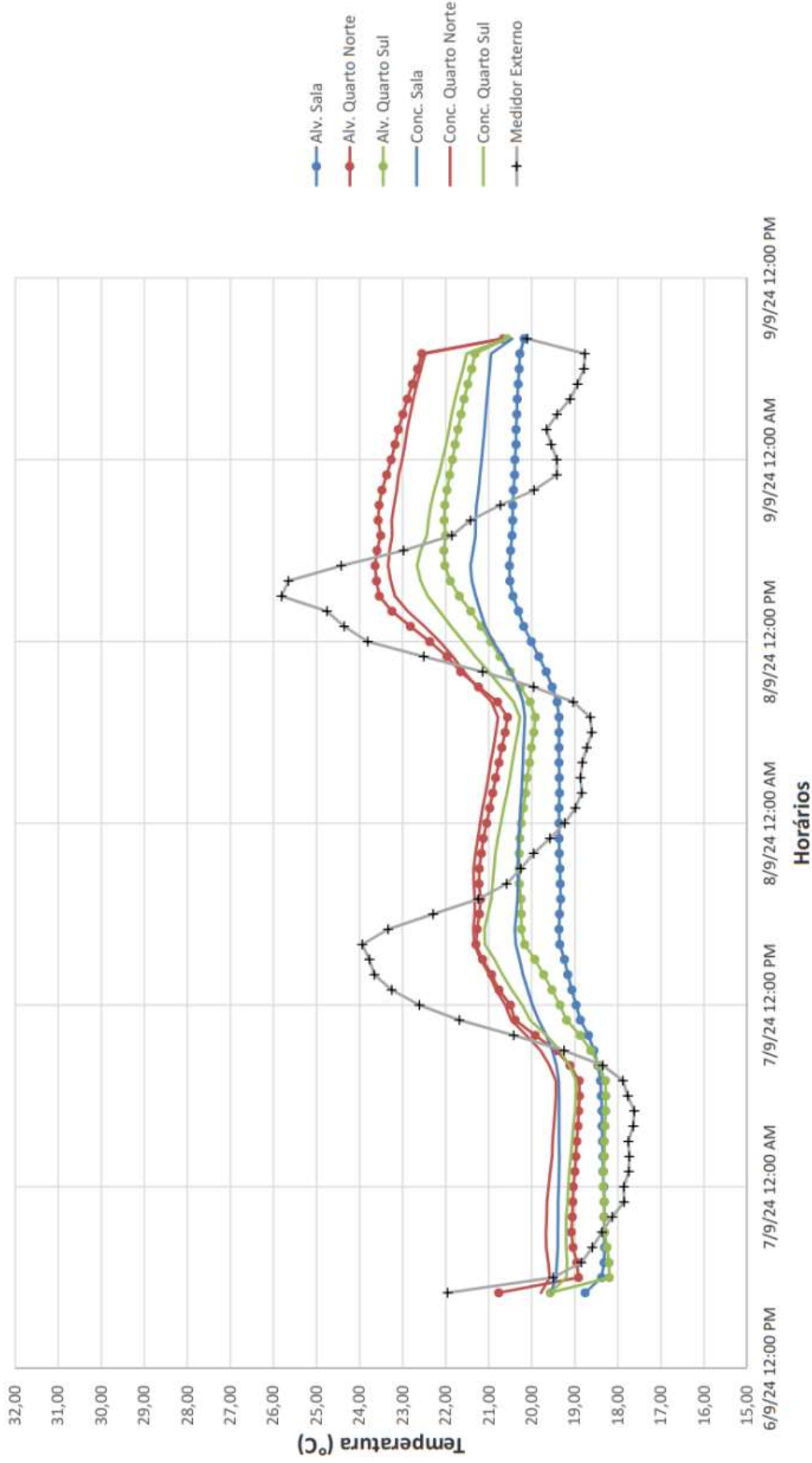
Diferentemente dos ensaios anteriores, ocorreu um comportamento atípico: o quarto norte da casa de alvenaria apresentou temperaturas mais elevadas do que o quarto norte da casa em parede de concreto, contrariando a tendência observada nos outros testes. No entanto, como esse foi o único ensaio realizado nesta tipologia, não foi possível uma confirmação mais precisa desse comportamento térmico. (Figura - 21)

**Ensaio 6 - De 19/10/2024 a 21/10/2024**

O último final de semana de ensaio foi realizado nas residências de tipologia “A”, especificamente nas casas 44 e 28 (Figura 22). Os resultados mostraram que os ambientes mantiveram amplitudes térmicas relativamente constantes, sendo os quartos e a sala, na maior parte do tempo, mais quentes nas casas de concreto em comparação às de alvenaria. No entanto, o aspecto mais relevante foi a grande variação térmica entre o sótão e a temperatura externa, mostrando a importância de estratégias passivas como ventilação cruzada e coberturas com melhor isolamento térmico. (Figura 22)

Figura 17 - Ensaio 1 - Distribuição de Temperatura - De 06/06/2024 a 09/09/2024

**Distribuição de TBS**  
Alvenaria 43 x Concreto 83

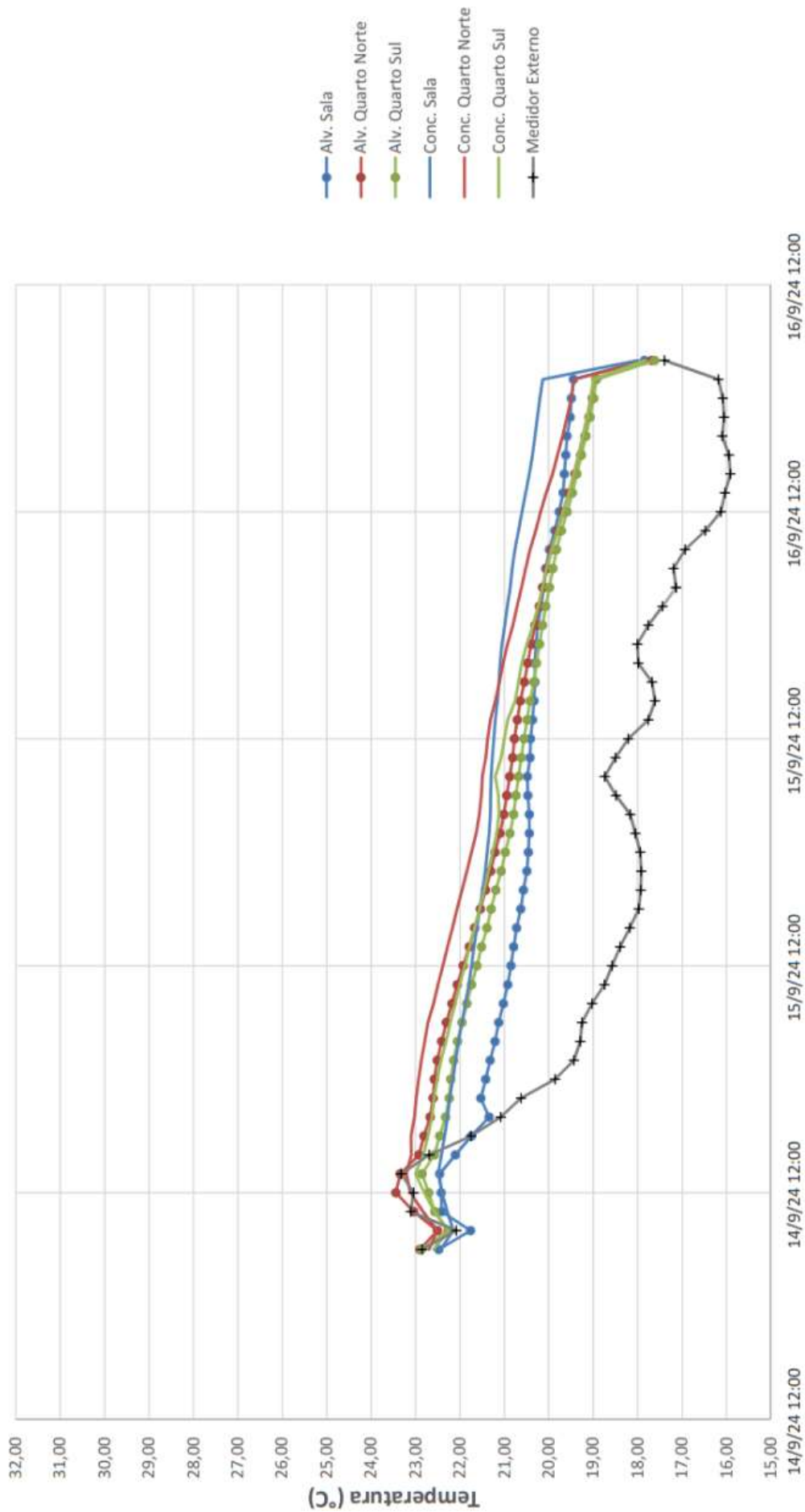


Fonte: Autor

Figura 18 - Ensaio 2 - Distribuição de Temperatura - De 14/09/2024 a 16/09/2024

### Distribuição de TBS

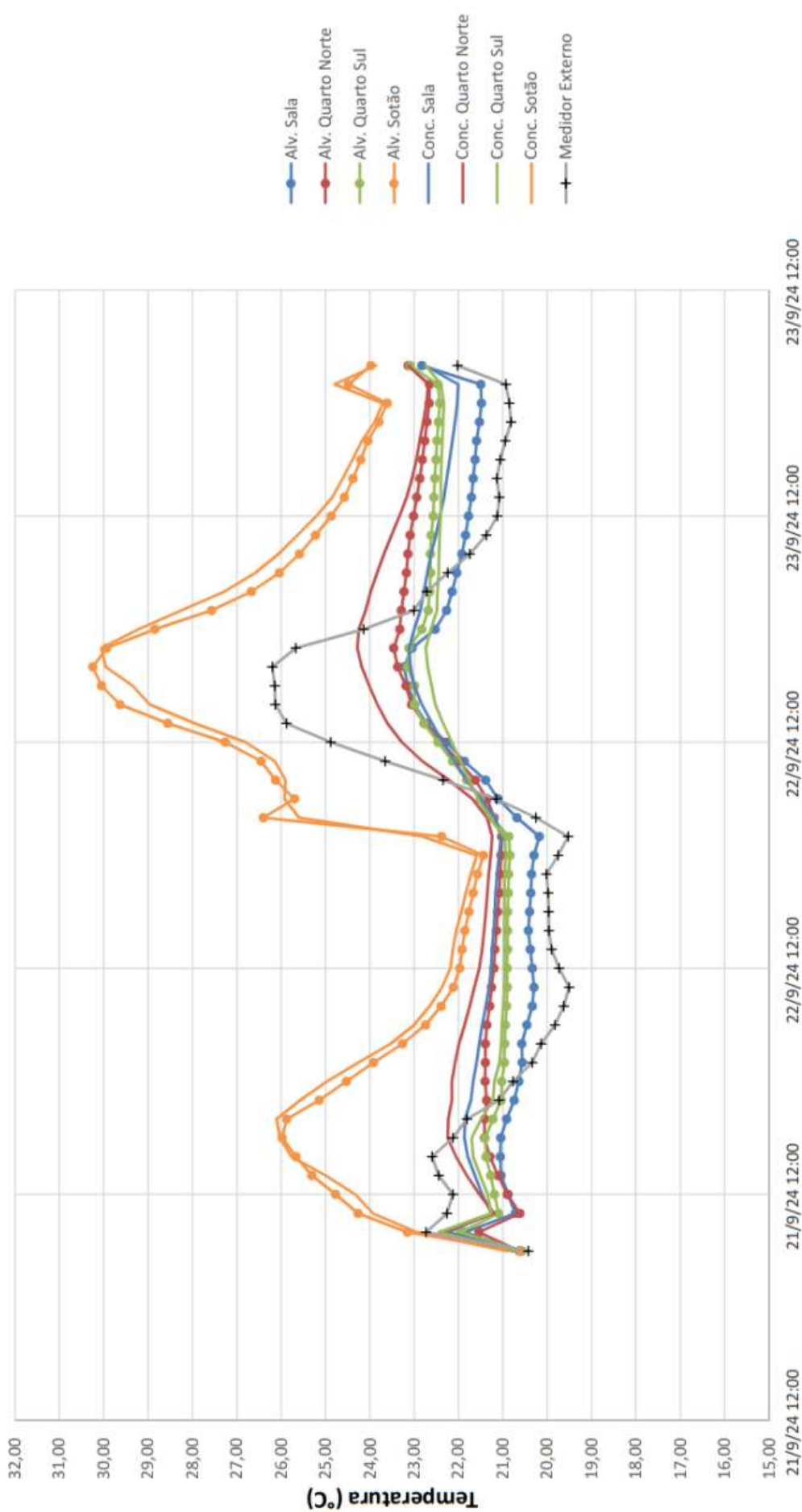
Alvenaria 43 x Concreto 83



Fonte: Autor

Figura 19 - Ensaio 3 - Distribuição de Temperatura - De 21/09/2024 a 23/09/2024

**Distribuição de TBS**  
Alvenaria 44 x Concreto 84



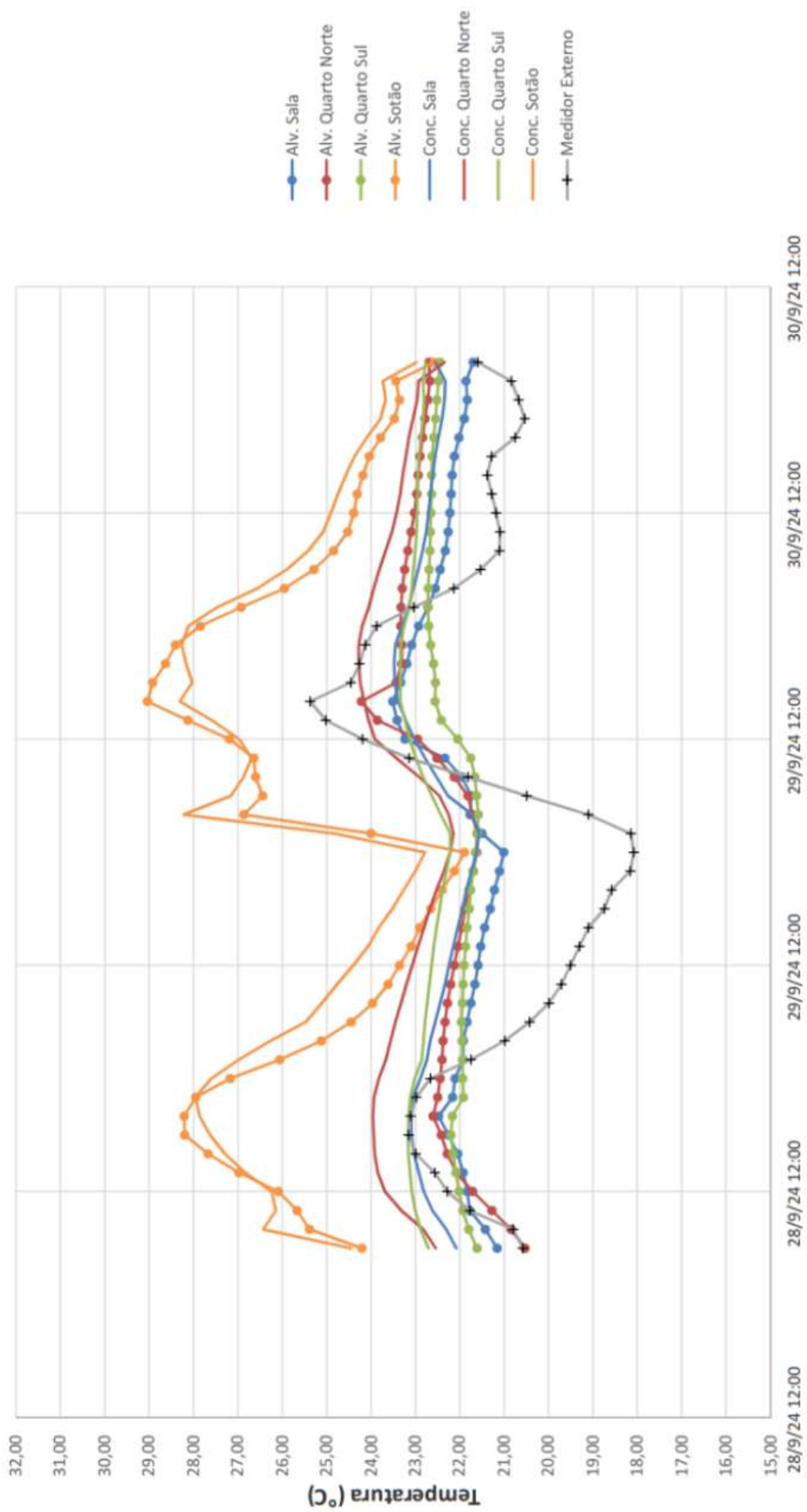
Horários

Fonte: Autor

Figura 20 - Ensaio 4 - Distribuição de Temperatura - De 28/09/2024 a 30/09/2024

### Distribuição de TBS

Alvenaria 44 x Concreto 68

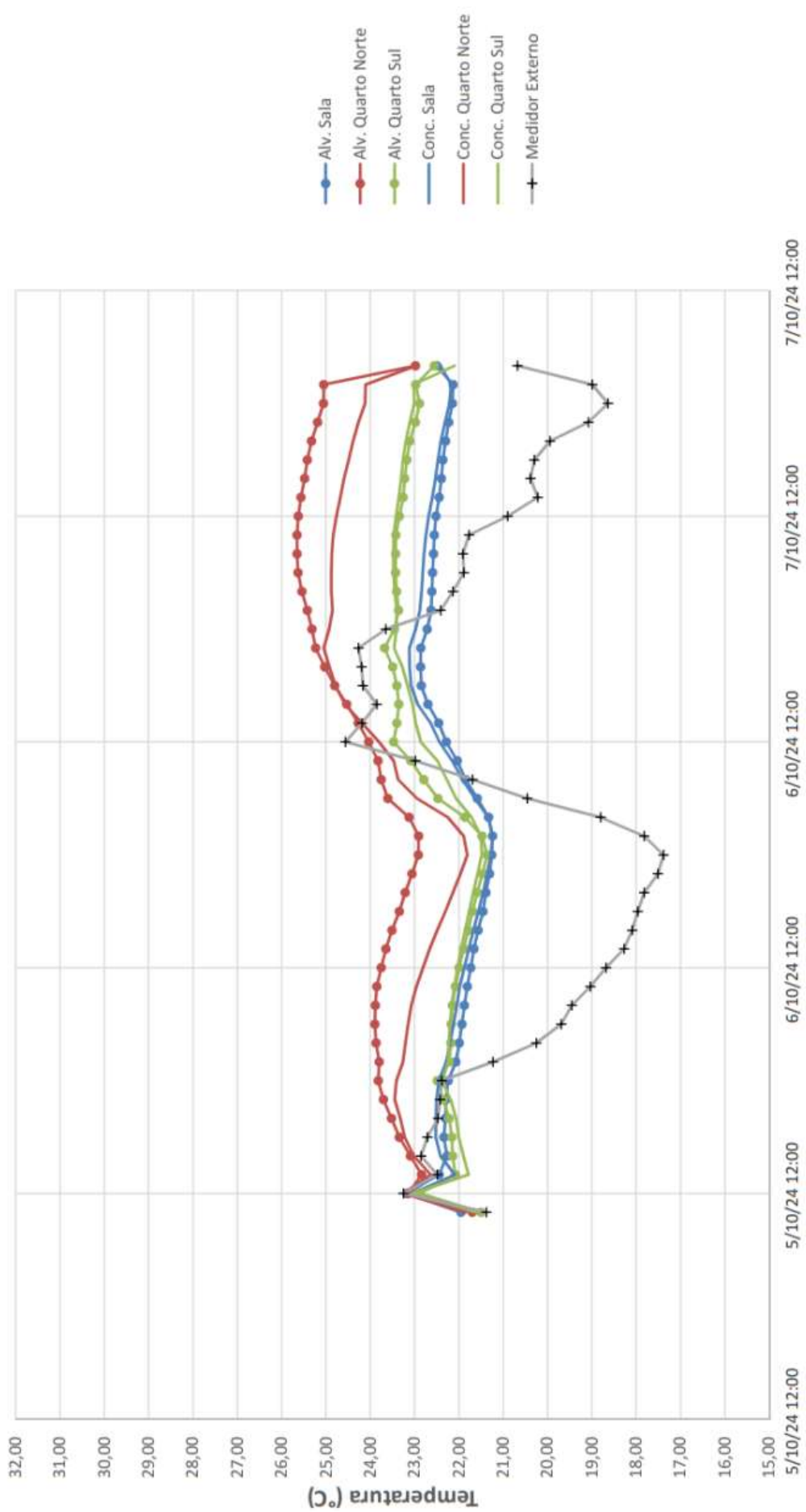


Fonte: Autor

Figura 21 - Ensaio 5 - Distribuição de Temperatura - De 05/10/2024 a 07/10/2024

### Distribuição de TBS

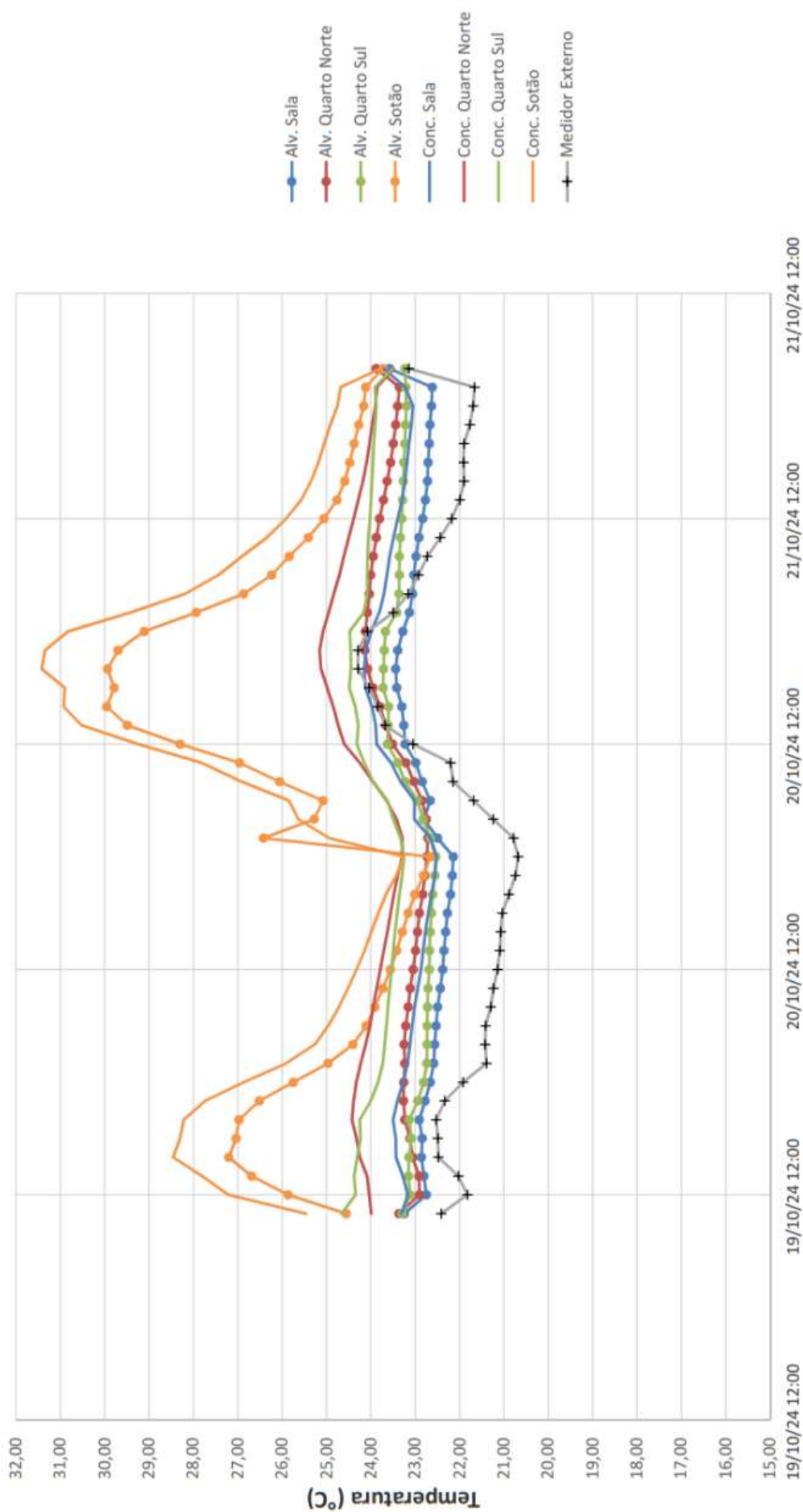
Alvenaria 41 x Concreto 65



Fonte: Autor

Figura 22 - Ensaio 6 - Distribuição de Temperatura - De 19/10/2024 a 21/10/2024

**Distribuição de TBS**  
Alvenaria 44 x Concreto 28



Horários

Fonte: Autor

Analisando os gráficos pode ser notado que no comportamento geral das curvas do medidor externo (linha preta) apresentam variações significativas ao longo do período monitorado, atingindo picos elevados durante o dia e mínimas durante a noite. Esse comportamento confirma a influência direta da radiação solar e das condições climáticas externas na variação térmica dos ambientes internos. Por outro lado, por mais que os ambientes internos tenham a tendência semelhante à externa, apresentam menor amplitude térmica em comparação, o que demonstra a capacidade das edificações de amortecer as variações de temperatura, tornando as curvas mais suaves.

Comparando os ambientes internos, observa-se que os quartos norte em ambas as tipologias apresentam temperaturas mais elevadas ao longo do dia do que o quarto sul. Isso ocorre porque no Hemisfério Sul as fachadas voltadas para o norte recebem maior incidência solar direta ao longo do dia, especialmente no período da manhã e início da tarde. Já as fachadas voltadas para o sul recebem menos radiação direta, sendo mais sombreadas ao longo do dia, o que contribui para temperaturas internas menores. Logo, pode-se considerar estratégias como uso de brises solares, para que como barreira diminua a incidência solar direta, aproximando o comportamento dos quartos norte como visto nos quartos sul.

As salas mostraram ser mais frescas comparadas aos quartos, mesmo que as suas fachadas sejam em cores escuras e com maior absorvidade solar. O fato de serem ambientes amplos unidos ao vão de escada, pode indicar uma melhor taxa de ventilação nesses ambientes.

Nas casas que possuem sótão, este é um ponto crítico em termos de variação térmica, a influência direta da radiação solar é notável. O uso de estratégias como ventilação cruzada, que inclusive é uma das recomendações da NBR 15220-2 para a zona bioclimática 3, ou um melhor isolamento térmico na cobertura, podem ser cruciais nesses espaços.

Enquanto no comportamento térmico na comparação dos métodos construtivos, nas casas em parede de concreto mostraram em sua maioria a tendência em serem mais quentes do que as casas em parede de alvenaria.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais construídas com dois sistemas construtivos distintos: alvenaria de blocos cerâmicos e concreto moldado no local. Para isso, foi realizado um estudo comparativo baseado no procedimento simplificado da NBR 15.575, complementado por medições in loco de temperatura em condições reais de ocupação.

Os resultados indicaram que as paredes em concreto moldado no local não atenderam ao critério mínimo de transmitância térmica estabelecido pela norma, apresentando valores superiores ao limite permitido. Por outro lado, as paredes de alvenaria de blocos cerâmicos demonstraram um desempenho térmico mais adequado, dentro dos parâmetros exigidos. Esse fato reforça a importância da escolha criteriosa dos materiais construtivos para garantir o conforto térmico dos ocupantes.

As medições realizadas ao longo de seis finais de semana evidenciaram diferenças significativas entre os dois sistemas construtivos. As edificações com paredes em concreto moldado no local apresentaram temperaturas internas mais elevadas em comparação às construídas em alvenaria cerâmica. Isso pode ser atribuído à maior densidade e capacidade térmica do concreto, que absorve e retém calor ao longo do dia, liberando-o gradualmente à noite. Já os blocos cerâmicos por possuírem cavidades internas, oferecem um melhor desempenho como isolantes, reduzindo a amplitude térmica interna, mantendo temperaturas mais amenas.

Além disso, fatores como orientação solar, ventilação natural e a presença de elementos transparentes também influenciaram diretamente as variações térmicas registradas. Observou-se que os ambientes voltados para o norte apresentaram temperaturas mais elevadas durante o dia, o que destaca a necessidade de estratégias passivas, como o uso de brises solares e a otimização da ventilação cruzada. Nos sótãos, o acúmulo de calor foi ainda mais expressivo, o que indica a importância de soluções como isolamento térmico adequado, principalmente na cobertura, e ventilação cruzada para amortecer esse efeito.

Este estudo reforça a necessidade de uma abordagem integrada no projeto de edificações, considerando não apenas a viabilidade econômica e a rapidez da construção, mas também o impacto térmico. A implementação de soluções passivas de climatização, aliada à conformidade com as normas vigentes, pode contribuir significativamente para a melhoria do conforto térmico.

### **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Diante dos resultados obtidos neste estudo, algumas possibilidades de aprofundamento e complementação da pesquisa são sugeridas para trabalhos futuros.

Medições durante períodos com temperaturas mais baixas: Este estudo foi realizado entre os meses de setembro e novembro de 2024, período de transição entre o inverno e a primavera. Para uma análise mais abrangente do desempenho térmico das edificações, recomenda-se a realização de medições também durante o outono e o inverno, quando as temperaturas tendem a ser mais baixas. Isso permitiria uma avaliação mais precisa do comportamento térmico das edificações em diferentes estações do ano.

Comparação com o Procedimento de Simulação Computacional: A NBR 15575-4 prevê dois métodos para avaliação do desempenho térmico: o procedimento simplificado e a simulação computacional. Neste estudo, foi utilizado o procedimento simplificado, que compara as características das edificações com valores de referência estabelecidos na norma. Para aprofundar a análise, sugere-se a realização de simulações computacionais detalhadas, que permitiriam um estudo mais completo do comportamento térmico das edificações, considerando variáveis como ganhos internos de calor, influência de sombreamentos e diferentes perfis de ventilação.

Essas sugestões podem contribuir para um entendimento mais completo do desempenho térmico das edificações, ampliando a base de conhecimento sobre o impacto dos diferentes sistemas construtivos na eficiência energética e no conforto dos usuários.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1**. Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2**. Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edifícios habitacionais – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2021a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edifícios habitacionais – Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais**. Rio de Janeiro, 2021b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5: Edifícios habitacionais – Parte 5: Requisitos para os Sistemas de Cobertura**. Rio de Janeiro, 2021c.

ANDRADE, M. M. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas. 2017.

ANDRADE, Suely F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. 1996. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

BOGO, Amilcar; PIETROBON, Claudio E.; et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. 83f. 1994. Departamento Acadêmico de Construção Civil, UFSC. Disponível em:

<[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Bioclimatologia.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf)>

BRASIL. **CDC - Lei nº 8.078 de 11 de Setembro de 1990**. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10602881/artigo-39-da-lei-n-8078-de-11-de-setembro-de-1990>. Acesso em: 01 dez.2023.

LAMBERTS, R. Desempenho térmico de edificações. Apostila disciplina ECV 5161. UFSC: Florianópolis, 2016. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf). Acesso em: novembro de 2023.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. p. 382, 2014

LEÃO, L. M. **Metodologia do estudo e pesquisa**: Facilita a vida dos estudantes, professores e pesquisadores. Petrópolis, RJ: Vozes. 2017.

PROJETEE. **Componentes Construtivos**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/> . Acesso em: novembro de 2023.

VETTORAZZI, E.; RUSSI, M.; SANTOS J.C.P. A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 2010, Porto Alegre: UFSM, 2010.

VILLA, S. B.; Ornstein, S. W.; **Qualidade Ambiental na Habitação**: avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos. 2016.