

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO**

**Ângliston Tainã Camilotti**

**Avaliação do desempenho térmico de construções em  
contêineres**

**SÃO CARLOS - SP**

**MAIO DE 2023**





**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO**  
**Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**  
**Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia**

**Ângliston Tainã Camilotti**

## **Avaliação do desempenho térmico de construções em contêineres**

Versão corrigida

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade  
de São Paulo, como requisito para obtenção  
do Título de Mestre em Arquitetura,  
Urbanismo e Tecnologia.

Orientador: **Prof. Dr. Bruno Luís Daminelli**

SÃO CARLOS - SP

MAIO DE 2023

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC183a Camilotti, Ângliston Tainã  
Avaliação do desempenho térmico de construções em contêineres / Ângliston Tainã Camilotti; orientador Bruno Luís Daminelli. -- São Carlos, 2023.  
142 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2023.

1. construções em container marítimo. 2. sistema construtivo em contêiner. 3. contêiner na arquitetura. 4. sistema construtivo inovador. I. Daminelli, Bruno Luís, orient. II. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:  
Brianda de Oliveira Ordonho Sígolo - CRB - 8/8229

**FOLHA DE JULGAMENTO**


Candidato: **Ângliston Tainã Camilotti**

Título da dissertação: "Avaliação do desempenho térmico de construções em contêineres".


Data da defesa: **19/04/2023**

Orientador: Prof. Dr. Bruno Luís Daminelli


**Comissão Julgadora:****Resultado:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Bruno Luís Daminelli**  
(IAU/USP)


Não votante

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Eduvaldo Paulo Sichieri**  
(IAU/USP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Edson Salerno Junior**  
(UNAERP)

APROVADO

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Victor José dos Santos Baldan**  
(UNICAMP)

Aprovado

Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: **Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes.**



# DEDICATÓRIA

*Primeiramente, à ciência do conforto ambiental, de materiais de construção e de inovação em sistemas construtivos, para o aprimoramento dos conhecimentos estudados.*

*Em segundo, à minha mãe de criação, Katia Mello (in memoriam), que sempre me apoiou e me incentivou.*

*Em terceiro, aos meus pais, Eliana e Ricardo, e à minha namorada, Marina, pelo carinho e compreensão.*





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por toda a oportunidade e privilégio a mim cedidos.

Aos meus familiares, pai Ricardo, mãe Eliana e irmão Brendow pelo suporte e estrutura educacional.

À minha namorada Marina por todo apoio, incentivo e ajuda em correções deste trabalho.

A todos os meus amigos da USP de São Carlos, em especial Alexandre Murari e Victor Baldan pela ajuda no ingresso no programa de pós-graduação do IAU-USP.

Ao professor e orientador Dr. Bruno Luís Daminelli, pela orientação neste trabalho e ajuda pessoal como um grande amigo.

Ao amigo de infância Bruno Verri, pelos momentos de descontração quando necessário.

À amiga do IAU-USP Camila Silva pela amizade e apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Javier Pablos pela oportunidade de aprendizado na participação como monitor em disciplina ministrada ao curso de Engenharia Civil da EESC-USP.

Ao professor Dr. Eduvaldo Sichiari pelas dicas e ajudas para o aprimoramento deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Construção Civil (LCC) e Laboratório de Conforto Ambiental (LCA) do IAU-USP, pelo auxílio na realização deste trabalho.

A todos os funcionários do IAU-USP, em especial Flavia Macambyra, Ana Paula Fregona e Vilma Coutinho pelo suporte administrativo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido para a viabilização deste trabalho.

E a todos que contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho e não foram citados anteriormente.



## RESUMO

CAMILOTTI, Ângliston Tainã. **Avaliação do desempenho térmico de construções em contêiner**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

Nos últimos anos, a produção de unidades habitacionais ou comerciais através da adaptação de contêineres de transporte de cargas é tendência no mercado da construção, por reutilizar materiais que são acumulados em portos. Porém, o sucesso desta ação dependerá da qualidade da adaptação destes contêineres, principalmente em um clima quente e úmido presente em diversos pontos do Brasil, que traz necessidades de adaptações que proporcionem qualidade e conforto no ambiente construído. O container marítimo é fabricado, em toda sua estrutura, por aço *corten*, que contém alta condutibilidade térmica; portanto, a adaptação do contêiner como unidade habitacional necessita do emprego de sistemas e materiais que sejam isolantes termoacústicos e resistentes ao fogo, satisfazendo aos requisitos mínimos de desempenho da NBR 15.575, além de prever resistência à estanqueidade e estrutural. O objetivo desta pesquisa é levantar os requisitos necessários para construções em contêiner, entender o seu histórico e contexto na construção civil e analisar o desempenho térmico e estanqueidade de dois estudos de caso, de acordo com suas qualidades projetual e executada *in loco*, além dos requisitos estabelecidos pela Norma de Desempenho. Encontrou-se desempenho térmico satisfatório, conforme a norma, em uma construção com revestimento termoacústico, enquanto em outra edificação sem tratamento, obteve desempenho térmico insatisfatório. Concluiu-se que toda construção em contêiner marítimo requer grande atenção nas intervenções de estrutura, para garantir desempenho estrutural e de estanqueidade dos módulos, e há a necessidade de especificação e instalação de materiais isolantes para tratamento térmico, para garantir o desempenho térmico da edificação.

**Palavras-chaves:** construções em container marítimo, sistema construtivo em contêiner, contêiner na arquitetura, sistema construtivo inovador.

## ABSTRACT

CAMILOTTI, Ângliston Tainã. **Evaluation of the thermal performance of container constructions.** Master's Dissertation (Master in Architecture, Urbanism and Technology) – Institute of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Carlos, 2023.

In recent years, the production of residential or commercial units by adapting cargo transport containers is a trend in the construction market, as it reuses materials that are accumulated in ports. However, the success of this action will depend on the quality of the adaptation of these containers, mainly in a hot and humid climate present in several parts of Brazil, which brings needs for adaptations that provide quality and comfort in the built environment. The maritime container is manufactured, in its entire structure, from corten steel, which has high thermal conductivity; therefore, adapting the container as a housing unit requires the use of systems and materials that are thermoacoustic insulators and fire resistant, meeting the minimum performance requirements of NBR 15,575, in addition to providing tightness and structural resistance. The objective of this research is to raise the necessary requirements for container constructions, understand its history and context in civil construction and analyze the thermal performance and tightness of two case studies, according to their design qualities and executed in loco, in addition to the requirements established by the Performance Standard. Satisfactory thermal performance was found, according to the norm, in a building with thermoacoustic coating, while in another building without treatment, it obtained unsatisfactory thermal performance. It was concluded that all maritime container construction requires great attention in structure interventions, to guarantee structural performance and tightness of the modules, and there is a need for specification and installation of insulating materials for thermal treatment, to guarantee the thermal performance of the building.

Keywords: Marine container constructions, container construction system, container in architecture, innovative construction system.

## **LISTA DE IMAGENS**

Imagem 2.1 - Os contêineres Dry e Dry High Cube.....	7
Imagem 2.2 – Contêiner Reefer.....	8
Imagem 2.3 – Forma representativa dos códigos do contêiner.....	9
Imagem 2.4 – Placa de identificação do contêiner.....	10
Imagem 2.5 – Perspectiva explodida de contêiner.....	11
Imagem 2.6 A – Tipos de acabamentos externos.....	15
Imagem 2.6 B – Tipos de acabamentos externos.....	15
Imagem 2.7 – Tipos de transformação nos contêineres.....	16
Imagem 2.8 – Tipos de relações espaciais em construções contêineres.....	16
Imagem 2.9 – Planta de união de dois contêineres.....	17
Imagem 2.10 – Vista 01 de união de dois contêineres.....	18
Imagem 2.11 – Detalhes 01 e 02 de união de dois contêineres.....	18
Imagem 2.12 – Detalhes 03 e 04 de união de dois contêineres.....	19
Imagem 2.13 – Detalhes 05 e 06 de união de dois contêineres.....	19
Imagem 2.14 – Detalhe 07 de união de dois contêineres.....	20
Imagem 2.15 – Unidade <i>Future Shack</i> .....	21
Imagem 2.16 – Empreendimento <i>Container City II</i> .....	22
Imagem 2.17 – Fachada Casa Contêiner Granja Viana.....	23
Imagem 2.18 – Plantas Casa Contêiner Granja Viana.....	23
Imagem 2.19 – Deformação, reforço e cortes em contêiner.....	25
Imagem 2.20 – Abertura e união de contêineres.....	26
Imagem 2.21 – Exemplo de peças de canto não aceitas.....	27
Imagem 2.22 – Exemplo de peças de canto aceitas.....	27
Imagem 2.23 – Piso de contêiner com revestimento de tinta.....	28
Imagem 2.24 – Parte inferior de piso de contêiner com revestimento de tinta.....	28
Imagem 2.25 – Esquema de revestimento interno.....	29
Imagem 2.26 – Detalhe de Estruturação e fechamento interno.....	29
Imagem 2.27 – Junção entre contêineres.....	30
Imagem 2.28 – Composição de diversos contêineres.....	30
Imagem 2.29 – Contêineres apoiados sobre sapatas.....	31
Imagem 2.30 – Transporte, levantamento e locação de contêineres em obra.....	32
Imagem 2.31 – Passagem de tubulações de elétrica.....	33

Imagem 2.32 – Instalação de canos de PVC para hidráulica.....	33
Imagem 2.33 – Sistema Hidráulico PEX.....	34
Imagem 2.34 – Lã de rocha em parede de contêiner.....	35
Imagem 2.35 – Detalhes de isolamento termoacústico.....	36
Imagem 2.36 – Exemplo de requadro e janela em contêiner.....	36
Imagem 2.37 – Revestimento interno em gesso em paredes de contêiner.....	37
Imagem 2.38 – Revestimentos internos em paredes de ambientes húmidos em contêiner.....	38
Imagem 2.39 – Regularização de piso em contêiner.....	38
Imagem 5.1 – Fachada casa contêiner em Limeira.....	52
Imagem 5.2 – Imagens de satélite de localização geográfica de Limeira.....	53
Imagem 5.3 – Imagem de satélite casa Limeira.....	54
Imagem 5.4 – Fachada casa contêiner em Jaboticabal.....	55
Imagem 5.5 – Interno casa contêiner em Jaboticabal.....	56
Imagem 5.6 – Imagens de satélite de localização geográfica de Jaboticabal.....	57
Imagem 5.7 – Imagem de satélite casa Jaboticabal.....	58
Imagem 5.8 – Datalogger Testo 175 H1.....	59
Imagem 5.9 – Planta casa Limeira.....	60
Imagem 5.10 – Planta casa Jaboticabal.....	61
Imagem 6.1 – Planta área social casa Limeira (verão).....	66
Imagem 6.2 – Corte área social casa Limeira (verão).....	67
Imagem 6.3 – Planta suíte térreo casa Limeira (verão).....	69
Imagem 6.4 – Corte suíte térreo casa Limeira (verão).....	69
Imagem 6.5 – Planta quarto frontal casa Limeira (verão).....	71
Imagem 6.6 – Corte quarto frontal casa Limeira (verão).....	71
Imagem 6.7 – Planta quarto posterior casa Limeira (verão).....	74
Imagem 6.8 – Corte quarto posterior casa Limeira (verão).....	74
Imagem 6.9 – Planta área social casa Limeira (inverno).....	76
Imagem 6.10 – Corte área social casa Limeira (inverno).....	77
Imagem 6.11 – Planta suíte térreo casa Limeira (inverno).....	79
Imagem 6.12 – Corte suíte térreo casa Limeira (inverno).....	79
Imagem 6.13 – Planta quarto frontal casa Limeira (inverno).....	81
Imagem 6.14 – Corte quarto frontal casa Limeira (inverno).....	81
Imagem 6.15 – Planta quarto posterior casa Limeira (inverno).....	83
Imagem 6.16 – Corte quarto posterior casa Limeira (inverno).....	84

Imagem 6.17 – Planta sala casa Jaboticabal (verão).....	88
Imagem 6.18 – Corte sala casa Jaboticabal (verão).....	88
Imagem 6.19 – Planta copa casa Jaboticabal (verão).....	90
Imagem 6.20 – Corte copa casa Jaboticabal (verão).....	90
Imagem 6.21 – Planta quarto casa Jaboticabal (verão).....	92
Imagem 6.22 – Corte quarto casa Jaboticabal (verão).....	93
Imagem 6.23 – Planta escritório casa Jaboticabal (verão).....	95
Imagem 6.24 – Corte escritório casa Jaboticabal (verão).....	95
Imagem 6.25 – Planta sala casa Jaboticabal (inverno).....	97
Imagem 6.26 – Corte sala casa Jaboticabal (inverno).....	98
Imagem 6.27 – Planta copa casa Jaboticabal (inverno).....	100
Imagem 6.28 – Corte copa casa Jaboticabal (inverno).....	100
Imagem 6.29 – Planta quarto casa Jaboticabal (inverno).....	102
Imagem 6.30 – Corte quarto casa Jaboticabal (inverno).....	102
Imagem 6.31 – Planta escritório casa Jaboticabal (inverno).....	104
Imagem 6.32 – Corte escritório casa Jaboticabal (inverno).....	104
Imagem 6.33 – Estratégias de combate à entrada de água.....	107
Imagem 6.34 – Janela sem estanqueidade.....	107
Imagem 6.35 – Encontro entre viga inferior e chapa ondulada do contêiner.....	108
Imagem 6.36 – Corrosão da parte superior da viga inferior do contêiner.....	109
Imagem 6.37 – Deslocamento de cerâmicas do piso.....	109





## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para área social.....	65
Gráfico 6.2 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para suíte.....	68
Gráfico 6.3 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para quarto frontal.....	70
Gráfico 6.4 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para quarto posterior.....	73
Gráfico 6.5 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para área social.....	75
Gráfico 6.6 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para suíte.....	78
Gráfico 6.7 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para quarto frontal.....	80
Gráfico 6.8 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para quarto posterior.....	82
Gráfico 6.9 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para a sala.....	87
Gráfico 6.10 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para a copa.....	89
Gráfico 6.11 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para o quarto.....	91
Gráfico 6.12 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para o escritório.....	94
Gráfico 6.13 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para a sala.....	96
Gráfico 6.14 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para a copa.....	99
Gráfico 6.15 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para o quarto.....	101
Gráfico 6.16 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para o escritório.....	103



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 2.1 – Legislações brasileiras de descontaminação de contêineres.....	13
Quadro 3.1 – Critérios para classificação do desempenho térmico para verão.....	42
Quadro 3.2 – Critérios para classificação do desempenho térmico para inverno.....	43
Quadro 3.3 – Transmitância Térmica das vedações externas, segundo NBR 15.575.....	44
Quadro 3.4 – Transmitância Térmica das coberturas, segundo NBR 15.575.....	44
Quadro 3.5 – Capacidade Térmica das vedações externas, segundo NBR 15.575.....	44
Quadro 6.1 – Requisitos e resultados de transmitância e capacidade térmica das paredes da casa de Limeira-SP.....	64
Quadro 6.2 – Níveis de desempenho térmico da área social para condições de verão.....	66
Quadro 6.3 – Níveis de desempenho térmico da suíte para condições de verão.....	68
Quadro 6.4 – Níveis de desempenho térmico do quarto frontal para condições de verão.....	70
Quadro 6.5 – Níveis de desempenho térmico do quarto posterior para condições de verão....	73
Quadro 6.6 – Níveis de desempenho térmico da área social para condições de inverno.....	76
Quadro 6.7 – Níveis de desempenho térmico da suíte para condições de inverno.....	78
Quadro 6.8 – Níveis de desempenho térmico do quarto frontal para condições de inverno....	80
Quadro 6.9 – Níveis de desempenho térmico do quarto posterior para condições de inverno.....	83
Quadro 6.10 – Requisitos e resultados de transmitância e capacidade térmica das paredes e teto da casa de Jaboticabal-SP.....	86
Quadro 6.11 – Níveis de desempenho térmico da sala para condições de verão.....	87
Quadro 6.12 – Níveis de desempenho térmico da copa para condições de verão.....	89
Quadro 6.13 – Níveis de desempenho térmico do quarto para condições de verão.....	92
Quadro 6.14 – Níveis de desempenho térmico do escritório para condições de verão.....	94
Quadro 6.15 – Níveis de desempenho térmico da sala para condições de inverno.....	97
Quadro 6.16 – Níveis de desempenho térmico da copa para condições de inverno.....	99
Quadro 6.17 – Níveis de desempenho térmico do quarto para condições de inverno.....	101
Quadro 6.18 – Níveis de desempenho térmico do quarto para condições de inverno.....	103
Quadro 6.19 – Requisito e resultados de área mínima de ventilação da casa de Limeira.....	105
Quadro 6.20 – Requisito e resultados de área mínima de ventilação da casa de Jaboticabal.....	105
Quadro 6.21 – Resumo com resultados da pesquisa.....	111



# SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo Geral.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>2. O contêiner marítimo na construção de ambientes humanos.....</b>	<b>5</b>
2.1. Contêiner marítimo.....	5
2.1.1. Definição e conceituação.....	5
2.1.2. Histórico.....	5
2.1.3. Classificação.....	7
2.1.4. Estrutura e elementos.....	10
2.2. O contêiner como material de construção civil.....	11
2.2.1. Contêineres: grande oferta de matéria-prima.....	11
2.2.2. Fatores positivos e pontos limitantes para o uso do contêiner na construção civil.....	12
2.2.3. Necessidades pequenas de adaptação.....	13
2.3. Características de projeto.....	14
2.3.1. Elementos de intervenção na forma.....	15
2.3.2. Elementos de organização da forma e dos espaços.....	16
2.3.3. Detalhes técnicos de projeto em contêineres.....	16
2.3.4. Exemplos de tipologias.....	20
2.4. Sistema construtivo em contêineres marítimos.....	23
2.4.1. Protocolo de construção.....	24
2.4.2. Intervenções e adaptações.....	25
2.4.2.1. Cortes e reforços.....	25
2.4.2.2. Tratamento do aço e piso.....	26
2.4.2.3. Estruturação para revestimento.....	28
2.4.2.4. Instalações anexas.....	30
2.4.3. Fundações.....	31
2.4.4. Transporte, levantamento, acoplamento e apoio.....	31
2.4.5. Instalações prediais.....	32
2.4.6. Tratamento termoacústico.....	34
2.4.7. Esquadrias.....	36
2.4.8. Acabamentos.....	37

2.4.9. Coberturas.....	39
<b>3. Requisitos importantes da NBR15.575 para avaliação do desempenho de construções em contêineres.....</b>	<b>41</b>
3.1. Requisito: Desempenho térmico.....	42
3.1.1. Procedimento de medição in loco.....	42
3.1.2. Procedimento de avaliação computacional.....	43
3.1.3. Procedimento de cálculo simplificado.....	44
3.2. Requisito: Estanqueidade.....	45
<b>4. As propriedades térmicas para o cálculo simplificado de desempenho nos contêineres.....</b>	<b>47</b>
4.1. Absortância e Emissividade térmica.....	47
4.2. Fluxo de calor.....	48
4.3. Condutividade térmica.....	48
4.4. Resistência térmica.....	48
4.5. Atraso térmico.....	49
4.6. Difusidade térmica.....	49
4.7. Calor específico.....	49
4.8. Capacidade térmica.....	50
4.9. Transmitância térmica.....	50
<b>5. Materiais e Métodos.....</b>	<b>51</b>
5.1. Estrutura metodológica.....	51
5.2. Pesquisa e Revisão bibliográfica.....	51
5.3. Os objetos de estudo.....	52
5.3.1. Estudo de caso em Limeira/SP.....	52
5.3.2. Estudo de caso em Jaboticabal/SP.....	55
5.4. Avaliações técnicas segundo NBR15.575.....	59
5.4.1. Avaliação térmica.....	59
5.4.1.1. Medições casa em Limeira.....	60
5.4.1.2. Medições casa em Jaboticabal.....	61
5.4.2. Avaliação de estanqueidade.....	62
5.5. Estudos de detalhes construtivos e patologias.....	62
<b>6. Resultados, análises e discussões.....</b>	<b>63</b>
6.1. Resultados e discussões da casa de Limeira.....	63
6.1.1. Propriedades térmicas das vedações verticais da casa de Limeira.....	63

6.1.2. Desempenho térmico de verão do objeto de estudo de Limeira.....	65
6.1.2.1. Área social.....	65
6.1.2.2. Suíte.....	67
6.1.2.3. Quarto frontal.....	70
6.1.2.4. Quarto posterior.....	72
6.1.3. Desempenho térmico de inverno do objeto de estudo de Limeira.....	75
6.1.3.1. Área social.....	75
6.1.3.2. Suíte.....	76
6.1.3.3. Quarto frontal.....	80
6.1.3.4. Quarto posterior.....	82
6.2. Resultados e discussões da casa de Jaboticabal-SP.....	84
6.2.1. Propriedades térmicas das vedações verticais da casa de Jaboticabal.....	84
6.2.2. Desempenho térmico de verão do objeto de estudo de Jaboticabal.....	86
6.2.2.1. Sala.....	86
6.2.2.2. Copa.....	89
6.2.2.3. Quarto.....	91
6.2.2.4. Escritório.....	93
6.2.3. Desempenho térmico de inverno do objeto de estudo de Jaboticabal.....	96
6.2.3.1. Sala.....	96
6.2.3.2. Copa.....	98
6.2.3.3. Quarto.....	101
6.2.3.4. Escritório.....	103
6.3. Aberturas de ventilação dos objetos de estudo.....	105
6.4. Desempenho de estanqueidade dos objetos de estudo.....	106
6.5. Reflexões dos resultados.....	110
6.5.1. Reflexões sobre a casa de Limeira.....	112
6.5.2. Reflexões sobre a casa de Jaboticabal.....	113
<b>7. Conclusões.....</b>	<b>115</b>
<b>8. Sugestões para pesquisas futuras.....</b>	<b>117</b>
<b>Referências.....</b>	<b>118</b>





# 1 INTRODUÇÃO

Os relatórios ambientalistas apontam para um colapso ambiental, caso o consumo de recursos naturais continue a crescer a níveis insustentáveis. Isto, aliado à crise energética ocorrida no Brasil em 2001, exigiu mudanças em diversos setores do país, inclusive na construção civil, visto que as edificações são responsáveis por cerca de 48% do consumo final de energia do país (Ministério de Minas e Energia - 2005). Segundo Metha (1999), o setor da construção civil também é responsável por grande parte do consumo global de recursos naturais.

Assim, a construção habitacional tem sido foco de estudos de eficiência energética e sustentabilidade, em todo o seu ciclo de vida, de forma que diversos setores da sociedade vêm se reunindo para buscar um desenvolvimento que atenda a estas questões. Segundo Motta e Aguilar (2008), a sustentabilidade deve estar presente em todas as fases do ambiente construído, sendo estas: idealização, concepção, projeto, uso, manutenção e final de vida útil. Desse modo, tão importante quanto os impactos ambientais relativos à extração de matéria-prima, produção, distribuição e transportes, são os impactos causados pelo elevado gasto de energia durante o processo de produção de insumos da construção e o consumo direto de energia durante o uso das edificações.

Segundo Occhi e Romanini (2014) a sustentabilidade na construção civil passou a receber maior importância, principalmente, após a II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, realizada em 1992, no Rio de Janeiro, através da Agenda 21, a qual buscou a redução de resíduos e poluentes, a extração de matéria-prima e consumo racional de água e energia. Visando reduzir impactos ambientais, a arquitetura voltou-se, entre outras estratégias, para a reutilização de materiais descartados.

Por outro lado, de acordo com Goebel (1996), os contêineres possuem vida útil nos transportes marítimos entre 8 a 12 anos e posteriormente são descartados em portos de todo o mundo. Em função deste descarte, os volumes das unidades Teus (TEU – Twenty Foot Equivalent Unit / 1 TEU correspondente a um contêiner de 20 pés) crescem a cada ano em todos os portos. Conforme Pires (2015), o Brasil contabilizou, em 2013, 8,9 milhões de Teus.

Atualmente, o setor da construção civil busca novas aplicações de materiais, sistemas construtivos e tecnologias para inovar a construção dos edifícios comerciais e residenciais, com a intenção de menor custo e agilidade na execução das atividades, ganhando eficiência nas obras. Segundo Carbonari e Barth (2015), pode-se observar grande crescimento da utilização

de contêineres na construção civil nos últimos anos, em usos que vão desde canteiros de obras até edificações comerciais e residenciais.

A construção utilizando contêineres contém a narrativa de construções ecológicas, pelo reaproveitamento dos módulos acumulados nos portos como resíduos, maior agilidade na construção, industrialização e uma obra seca com menores usos dos recursos naturais (LOPES, 2016). Porém, é necessária grande atenção em projeto para garantia de bom desempenho termoacústico e durabilidade, de forma a não transformar os ganhos advindos do uso de resíduos e das vantagens da execução da obra em problemas durante a fase de uso.

A construção em contêiner, dependendo das condições, pode garantir uma economia de 30% no custo final da construção e 20% do cronograma de execução, comparada a uma construção convencional de concreto armado e alvenaria de tijolos de vedação (FRANÇA JUNIOR, 2017). A utilização do contêiner marítimo na arquitetura e construção civil proporciona variados arranjos por sua característica modular, criando volumes prismáticos e geometrias distintas, além do estilo único que se pode adotar com a estética dos módulos. Vale ressaltar que este sistema construtivo proporciona, também, alto grau de industrialização da construção e racionalização da cadeia produtiva e geração de resíduos, podendo ser adaptados a outros materiais e compatibilizados com outros sistemas construtivos.

Outro ponto a destacar da construção em contêineres é a possibilidade de troca de implantação, seja no mesmo lote ou para outro lote, proporcionando sazonalidade na construção e possibilidade de mudança levando toda a casa para outras áreas.

Em questões estruturais o contêiner proporciona, se corretamente adaptado, robustez estrutural com a alta resistência do aço *corten* à corrosão atmosférica. Em suas fundações não há a necessidade de grandes estruturas pela baixa massa da edificação (FRANÇA JUNIOR, 2017).

Mesmo diante destas muitas vantagens, em muitos casos, a aplicação inadequada de materiais e a má utilização da tecnologia ao realizar a adaptação do contêiner acarreta danos aos usuários destas construções e, ainda, à qualidade da edificação; portanto, é necessário um estudo para que seja definida em projeto uma correta especificação de materiais e intervenções.

Conforme França Junior (2017), o contêiner contém vários pontos negativos para a utilização para o uso de pessoas, tais como alta condutibilidade térmica do aço, baixa absorção de ruídos, necessidade de mão-de-obra altamente treinada, alto custos em transportes longos, riscos de contaminações nos módulos e restrições burocráticas para aprovação em órgãos municipais, federais e financeiros.

Assim, este trabalho propõe uma investigação sobre o reaproveitamento de contêineres na arquitetura e construção civil para o uso permanente de pessoas. O trabalho está dividido em capítulos que abordarão cada assunto dentro da temática construção em contêiner, iniciando com este Capítulo 1 – Introdução.

No Capítulo 2 é abordada a relação entre o contêiner de uso marítimo e a construção de edificações para o uso permanente de pessoas. O Capítulo 3 analisa a aplicação da Norma de Desempenho NBR 15.575 em edificações com contêineres. O Capítulo 4 apresenta as propriedades térmicas usadas para cálculo de desempenho, e servirão de base para os cálculos realizados durante o experimento e apresentação de resultados.

O Capítulo 5 demonstra os métodos utilizados nesta pesquisa, e o Capítulo 6 apresenta os resultados encontrados. Os Capítulos 6 e 7 explanam sobre as análises e considerações e conclusões deste trabalho, respectivamente.

## ***1.1 OBJETIVOS***

### ***1.1.1 OBJETIVO GERAL***

O objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho térmico, com base na NBR 15575, e de estanqueidade de construções em contêineres. Por consequência, levantar os procedimentos necessários para uma boa execução do sistema construtivo. O estudo busca propor reflexões sobre o sistema construtivo estudado, em relação ao seu conforto ambiental, às adaptações feitas, os materiais utilizados, o uso no dia a dia e possíveis soluções e melhorias para resolução de patologias nas construções em contêineres marítimos.

### ***1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Apresentar o histórico do contêiner marítimo e seu uso na arquitetura e construção;
- Criar um descritivo de boas práticas de projeto e execução para o sistema construtivo estudado;
- Medir e comparar temperaturas em dias típicos de verão e inverno em duas construções em contêiner.



## **2 O CONTÊINER MARÍTIMO NA CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES HUMANOS**

### **2.1 CONTÊINER MARÍTIMO**

#### **2.1.1 DEFINIÇÃO E CONCEITUAÇÃO**

A palavra contêiner, segundo Slawik *et al.* (2010), vem do Latim *continere*, que significa manter junto, envolver, armazenar. Conforme o Decreto brasileiro n° 80.145 de 15 de agosto de 1977:

“O container é um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotado de dispositivos de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil.”

Os contêineres, segundo Calory (2015), são núcleos de um determinado método de transporte que possibilita a movimentação por diferentes meios (caminhões, trens, navios e aviões), o que proporciona intersecção entre os diferentes meios de transporte e viabilização do escoamento de produtos e serviços em qualquer lugar do mundo. Como definido pela ISO 668 de 2015, o contêiner é um equipamento de transporte permanente, contendo resistência suficiente para poder ser utilizado repedidas vezes e permitir a movimentação e transferência entre diferentes meios de transporte.

#### **2.1.2 HISTÓRICO**

Na antiguidade os povos já transportavam suas mercadorias pelos territórios locais e até os mais distantes. Com o início das navegações marítimas, em busca de novos territórios e tesouros, o transporte era feito através de tonéis, sacos e barris, o que apresentava grande desafio neste transporte, pela não padronização de medidas, e dificuldade na carga e descarga, bastante arcaica com a inexistência de guindastes e empilhadeiras.

Com a falta de padronização e sistemas mais mecanizados, havia grandes perdas com deterioração pela armazenagem inadequada, além dos furtos. No entanto, após a revolução Industrial com o avanço da indústria, o aumento da demanda por importação/exportação de

mercadorias e o advento da ferrovia, surgiu a necessidade da criação de padronização de um recipiente de transporte de cargas.

Segundo Levinson (2006), o processo de “containerização” ocorreu inicialmente nas minas de carvão da Inglaterra e posteriormente no século XX surgiram os primeiros recipientes fechados. Em 1901 o inglês James Anderson nomeou como receptáculos, em 1926 pelas Indústrias Brow com testes em trailers de alumínio e em 1929 a Seatrain Lines com os contêineres de ferro em suas embarcações de transporte entre Cuba e Nova Iorque.

Após a 2ª grande guerra o Exército americano utilizou caixas padrões para transportar bens de consumo de oficiais em campo, que em 1952 foram denominadas de CONEX (Container Express) com o tamanho de 6x6x8 pés para o transporte de peças de engenharia (LEVINSON, 2006).

Porém, a revolução foi feita por Malcom McLean em 1955, que era caminhoneiro na Carolina do Norte - EUA, que percebeu todas as dificuldades existentes e com a ajuda do engenheiro Keith Tantlinger, propuseram um método de armazenagem em caixas de aço reforçadas e projetaram o primeiro contêiner intermodal eficiente para carregar com segurança as cargas em longas viagens marítimas. O intuito era produzir um recipiente que pudesse interligar o transporte dos trailers de caminhões com os navios, proporcionando agilidade e flexibilidade para a carga, assim, reduzindo os custos. O resultado foi uma caixa de 2,40m de altura, 2,40m de largura e 3,00m de comprimento, construída em aço ondulado de 2,50mm de espessura e com um mecanismo de fecho giratório em cada canto superior que facilitava o levantamento. A partir desta criação começa-se a normatização internacional de contêineres (SAYWERS, 2008).

Entre 1968 e 1970 foi publicada a norma ISO 6346 referente à contêineres, proporcionando melhorias nos processos de carregamentos e transportes, gerando assim, economia de tempo. Já em 1972 o contêiner foi regulamentado pela Organização Intergovernamental Marítima Consultiva garantindo o manuseio de forma segura (OCCHI e ALMEIDA, 2016).

Segundo Santos (1982), a adoção do contêiner no Brasil se deu após standardização das medidas estabelecidas pela ISO, sendo necessária a criação de novas leis, documentos e acordos para regulamentar e introduzir os contêineres como a principal forma de transporte intermodal no país. Desta forma, em 1971 os termos da referida norma ISO foram ratificados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e pelo INMETRO (Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Técnica).

Em seguida foi criada a Câmara Brasileira de Contêineres (CBC) com o intuito de estruturar o manuseio de contêineres e produzir conteúdos e conferências para a melhoria do transporte nacional (CARBONARI, 2015).

### 2.1.3 CLASSIFICAÇÃO

Segundo Occhi e Romanini (2014) existem diferentes modelos de contêineres disponíveis na indústria, que variam em relação à forma, tamanho e resistência, sendo os da categoria Dry de 20 e 40 pés os mais comuns na utilização em construções civis. As dimensões externas do contêiner Dry Standard de 20 pés são: 2,44 metros de largura, 6,06 metros de comprimento e 2,59 metros de altura, e suporta até 22,10 toneladas. O contêiner de 40 pés possui as mesmas dimensões de largura e altura, diferenciando-se na medida de comprimento, contendo 12,92 metros e suportando a carga de até 27,30 toneladas. Os modelos Dry High Cube de 40 pés, também muito utilizados, possuem as medidas de 2,44 metros de largura, 2,79 metros de altura e 12 metros de comprimento.

Os modelos Dry e Dry High Cube são os mais utilizados no transporte marítimo, possuindo piso em compensado naval e todas as faces fechadas e uma das faces menores com duas portas. Como mostrado na Imagem 2.1, sua diferença ocorre somente no volume de carga carregada pelas diferentes medidas nos modelos existentes.

Imagem 2.1 – Os contêineres Dry e Dry High Cube.  
Fonte: Gett, 2021.



Outro modelo muito utilizado é o *container reefer* (contêiner refrigerado), Imagem 2.2, que possui o tamanho do Contêiner Dry Standard, porém, com revestimento interno em aço inoxidável e preenchimento de espuma poliuretana. É destinado ao transporte de cargas perecíveis.

Imagem 2.2 – Contêiner Reefer.

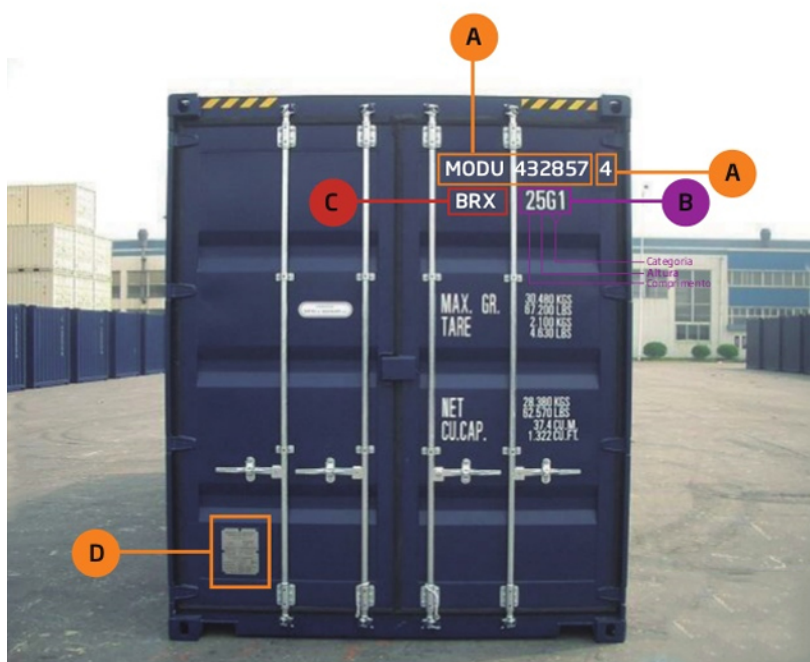
Fonte: Alconet, 2021



Para o registro e identificação de cada contêiner, para o controle de movimentação e a localização e fiscalização de mercadorias, foi criada uma padronização de identificação em 1969 pelo Bureau International des Containees (BIC) e adotada como padronização pela ISO em 1972. Segundo Top Trading (2020), os códigos nas portas do contêiner são chamados de *BIC-Code Register* ou *ISO Alpha-codes* e são escritos conforme na Imagem 2.3 para a marcação na documentação de transporte e declaração de Importação (DI).



Imagem 2.3 – Forma representativa dos códigos do contêiner.  
 Fonte: Top Trading, 2020.



Na categoria A, conforme Imagem 2.3, são encontrados 11 elementos alfanuméricos com o código do proprietário (com 3 letras referentes ao código de registro ISO, seguido pela letra U de Unidade), o número de série (código com 6 algarismos indicando o número da frota) e o dígito de controle (formado por uma operação matemática a partir do número de série).

A categoria B, demonstrada na Imagem 2.3, identifica as dimensões e modelo do contêiner, com um código alfanumérico onde o primeiro dígito representa o comprimento, o segundo a altura e o terceiro o modelo/tipo do contêiner.

Já na categoria C, segundo a Imagem 2.3, são representadas letras que codificam a nacionalidade do contêiner, como por exemplo BRX para contêineres brasileiros.

A placa de identificação do contêiner, representada pela letra C na Imagem 2.3, deve ser fixada na porta do contêiner de modo permanente e com resistência à corrosão e ao fogo, com medidas mínimas de 100x200mm. Nela são identificadas todas as informações de fabricação e fabricante, origem, peso bruto operacional, peso de empilhamento permissível e resistência, conforme apresentado na Imagem 2.4.

Imagem 2.4 - Placa de identificação do contêiner.  
Fonte: Top Trading, 2020.



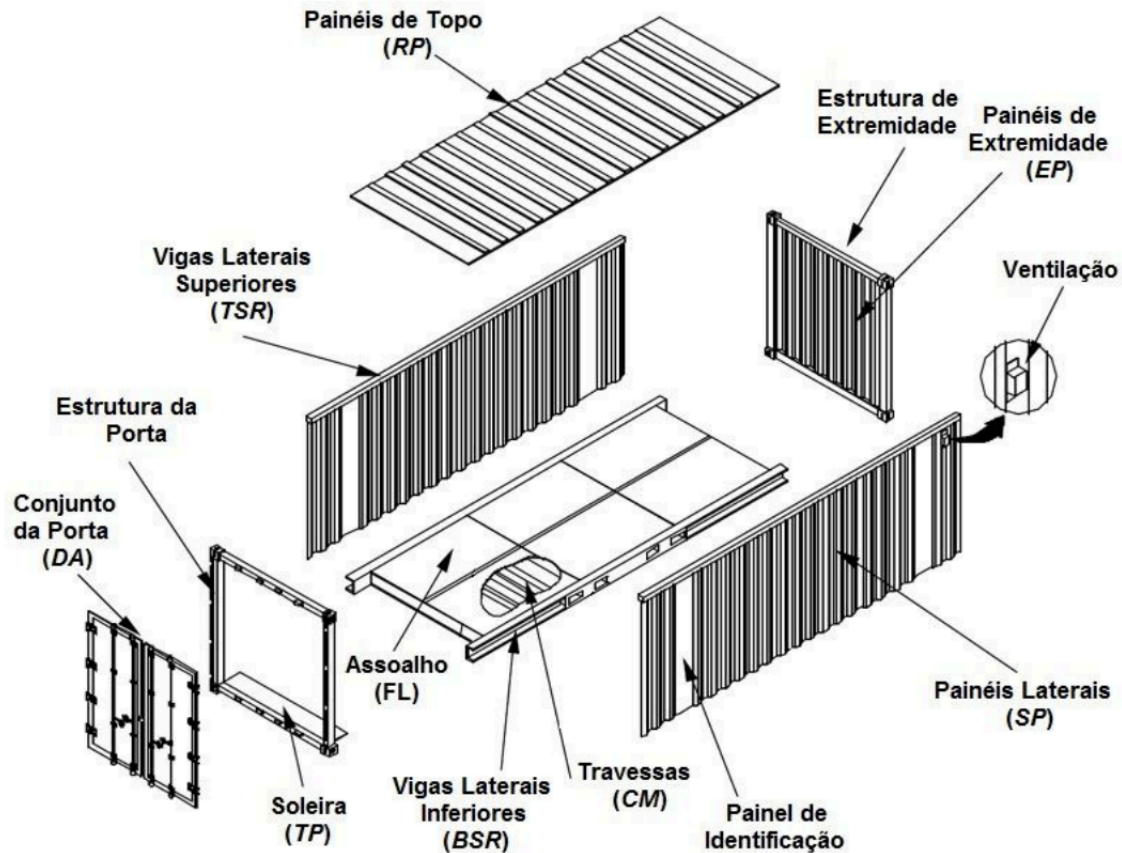
#### 2.1.4 ESTRUTURA E ELEMENTOS

Conforme Carbonari (2015):

“Os contêineres ISO são construções metálicas pré-fabricadas constituídas por estrutura com perfis e chapas de aço paginável que apresenta elevada resistência à corrosão, comumente conhecido como aço *Corten*. Uma das principais características desse aço, é que sob certas condições ambientais de exposição aos agentes corrosivos, ele pode desenvolver uma película de óxido de cor avermelhada aderente e protetora, chamada de pátina, que atua reduzindo a velocidade do ataque dos agentes corrosivos presentes no meio ambiente.”

Segundo Slawik *et al.* (2010), a estrutura do contêiner é composta por quatro vigas superiores e quatro vigas inferiores que se conectam por meio de um pilar em cada canto da caixa, criando um esqueleto rígido. Já nos fechamentos, o piso é composto de compensado naval parafusado sob vigas inferiores; os fechamentos laterais e a cobertura, de chapas trapezoidais de no mínimo 2mm de espessura; e o painel frontal apresenta uma porta de duas folhas, conforme a Imagem 2.5 apresenta.

Imagem 2.5 – Perspectiva explodida de contêiner.  
 Fonte: Residential Shipping Container Primer, 2016.



## 2.2 O CONTÊINER COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.2.1 CONTÊINERES: GRANDE OFERTA DE MATÉRIA-PRIMA

As edificações construídas em contêiner surgiram por volta da década de 1960, com os militares utilizando-os como abrigos temporários em tempos de guerra (SMITH, 2006). Já os pioneiros que utilizaram como habitações de uso permanente foram os fazendeiros norte-americanos (SAYWERS, 2008).

Com as grandes importações e exportações de produtos através do mar com a utilização de contêineres e o tempo máximo permitido de uso desses recipientes, há uma grande quantidade acumulada de contêineres em todos os portos do mundo. De acordo com Goebel (1996), os contêineres possuem vida útil, se considerado o seu uso original, entre 8 a 12 anos nos transportes marítimos de cargas, uma vez que o container é um equipamento durável e de uso repetitivo.

Entretanto, muitas vezes o contêiner não alcançou a sua idade para descarte, mas é caracterizado como impróprio ao uso só pelo fato de ter alguns amassados, que podem estragar

as mercadorias que seriam transportadas. Após o seu descarte pelas companhias de transporte, este material é depositado em grande quantidade em ferros velhos e portos de todo o país, não necessariamente caracterizando-se como inutilizáveis para a construção civil, pois muitos estão em boas condições estruturais e possíveis de utilização para adaptação ao novo uso.

De acordo com os dados da World Shipping Council (2014), atualmente existem mais de 18 milhões de contêineres circulando ao redor do mundo e 5% do total é descartado todos os anos. Segundo Calory (2015), é estimado o abandono de aproximadamente um milhão de contêineres pelo mundo, seja por motivos burocráticos, falência de empresas, prazos de validade ou até o fim de contratos comerciais.

Já no Brasil estima-se que existam cinco mil contêineres abandonados nos portos, criando grandes problemas de logística por estas caixas estarem ocupando grandes e importantes espaços de funcionamento dos terminais portuários (CALORY, 2015). Desta forma, o contêiner é um material abundante para uso na construção civil. Pode ser utilizado em diferentes aplicações, desde canteiros de obra até residências permanentes de alto padrão.

Vale ressaltar que nem em todo o território do Brasil é possível o uso de contêineres para a construção. Deve ser levado em conta a demanda dos módulos, para não haver grandes gastos com transportes, como por exemplo regiões no interior do país e longe do litoral ou centro de distribuições de cargas. Outro ponto a ser considerado é a característica topográfica e entorno do lote, pois é necessário que os módulos cheguem em caminhões guinchos e haja a possibilidade de acessibilidade e manuseio para alocação de cada contêiner.

### **2.2.2 FATORES POSITIVOS E PONTOS LIMITANTES PARA O USO DO CONTÊINER NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Um ponto positivo a ser destacado é a flexibilidade do contêiner para a arquitetura e construção: segundo Kotnick (2008), é modular, pré-fabricado, transportável, forte, empalhável e leve, o que proporciona velocidade, modulação e adaptabilidade de construção. Slawik *et al.* (2010) afirmam que o contêiner apresenta características que podem trazer grandes benefícios à construção civil, por ser um material pré-fabricado, modular, compacto e com possibilidade de transporte, destacando também a facilidade de ser empilhado e conectado, um ao outro, por parafusos ou soldas. Assim, a utilização massiva de contêineres possibilita custos menos elevados na construção.

Por outro lado, refletindo sobre a morfologia do contêiner marítimo, como ponto limitante é a sua aplicação em locais próximos da sua oferta (portos e centros de distribuição

de cargas), e a instalação em lotes com possibilidade de acesso com os módulos e os caminhões guinchos para a alocação no canteiro de obra.

### 2.2.3 NECESSIDADES PEQUENAS DE ADAPTAÇÃO

Mesmo com todas as vantagens, o propósito original do contêiner não é a ocupação por pessoas. Logo, a principal preocupação para este uso é o projeto e a construção garantirem condições mínimas de conforto aos usuários em seu interior. Deve-se ter atenção na sua adaptação e instalação, levando-se em conta os efeitos estruturais das interferências feitas, o uso de materiais para tratamentos térmicos e acústicos, a orientação dentro do lote e o cuidado com o isolamento da cobertura.

Segundo Figuerola (2013), é necessária uma inspeção técnica para avaliar os riscos de contaminação por transportes de produtos químicos ou radioativos para não causar danos aos futuros usuários. Atualmente, para o uso de contêineres na arquitetura e construção civil, há algumas legislações para a descontaminação de contêineres, conforme o Quadro 2.1 a seguir.

Quadro 2.1 – Legislações brasileiras de descontaminação de contêineres.

Fonte: Adaptado de Justino, 2021.

Legislação:	Do que se trata:	Ode atua:
NR 18 (Norma Regulamentadora)	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.	Determina instruções para administração, planejamento, organização e implantação de medidas de controle e maneiras preventivas de segurança nos processos, condições e meio ambiente de trabalho da Indústria da construção, utilizando contêineres para instalações e áreas de vivência.
Portaria nº 30 de 13/12/2000	Altera a escrita do item 18.4.1.3 da Norma Regulamentadora 18	Trata do Laudo de Técnico feito por profissional competente a respeito da ausência de riscos químicos, biológicos e físicos para o contêiner como habitação em canteiros de obras.
Portaria no 255, de 03/07/2007	Regulamento Técnico da Qualidade para Registro de Descontaminador de Equipamentos para Transporte de Produtos Perigosos.	Fornece Registro de Descontaminador ao profissional e Certificado de Descontaminação ao cliente. Contêiner como equipamento de transporte.

Em relação à adaptação do container, uma má intervenção poderá causar mais desconforto e consumir mais energia durante o uso dos espaços, comparados a uma habitação convencional e, conseqüentemente, não proporcionará uma boa qualidade de vida nas pessoas que vivem nesses ambientes, além de perder-se a intenção ecológica da construção (RANCURA e ALVEZ, 2016).

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DE PROJETO**

Segundo Slawik *et al.* (2010), há três estratégias para serem adotadas em projetos arquitetônicos de construções em contêineres: 1) a “aceitação”, que é a utilização do contêiner em sua forma natural com a aceitação de suas características, que fazem assim parte da obra de arte; 2) a “utilização de acessórios e equipamentos”, quando o contêiner é usado como módulo da construção de uma edificação, com modificações para contemplar os acessórios, equipamentos, materiais e recursos; e 3) a “combinação com outras estruturas”, quando se adequa o contêiner para o uso por meio da combinação dos módulos com outros componentes e sistemas para cumprirem requisitos previstos. Desta forma, os contêineres podem ser modificados de três formas: 1) com pequenas modificações mínimas na envoltória para poder proporcionar habitabilidade, como a colocação de janelas e portas; 2) com um processo de expansão, em que, além das intervenções mínimas feitas, são agregados outros elementos, como brises, pergolados, deck, etc; e 3) para composição do espaço, como por exemplo o espaçamento entre módulos e interligação com outro sistema construtivo para criação de ambientes.

As construções neste sistema podem carregar sua característica original, aparecendo parcialmente ou totalmente as estruturas originais dos módulos, conforme Imagem 2.6 A, ou podem receber revestimentos que escondem completamente as estruturas originais, conforme Imagem 2.6 B. Assim, cada escolha dependerá da proposta do partido de projeto e influenciará, além da apresentação estética, na escolha dos materiais aplicados.

Imagem 2.6 A – Tipos de acabamentos externos.  
Fonte: Arch Daily, 215.



Imagem 2.6 B – Tipos de acabamentos externos.  
Fonte: Arch Daily, 2014.

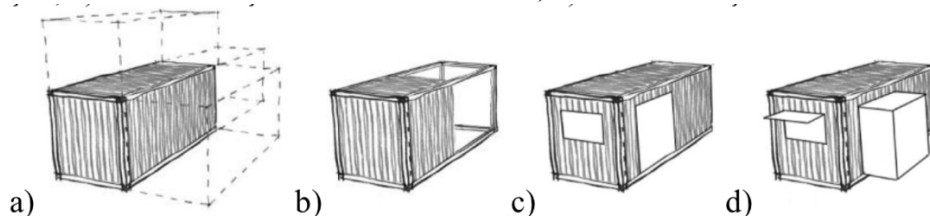


### ***2.3.1 ELEMENTOS DE INTERVENÇÃO NA FORMA***

Há três tipos de transformação de uma forma já existente: dimensional, subtrativa e aditiva. A dimensional é quando se modificam as dimensões sem detrimento da identidade. No contêiner ocorre quando se aumenta ou diminui suas dimensões de largura, altura e comprimento (Imagens 2.7-a e 2.7-b). Já a subtrativa acontece quando são retiradas partes do

volume – nos contêineres ocorre quando se faz aberturas de portas e janelas (Imagem 2.7-c). A aditiva é a transformação com elementos volumétricos adicionados ao original: nos contêineres ocorre quando há instalações de volumes, decks ou marquises (Imagem 2.7-d) (CHING, 1995).

Imagem 2.7 – Tipos de transformação nos contêineres.  
Fonte: Carbonari, 2015.

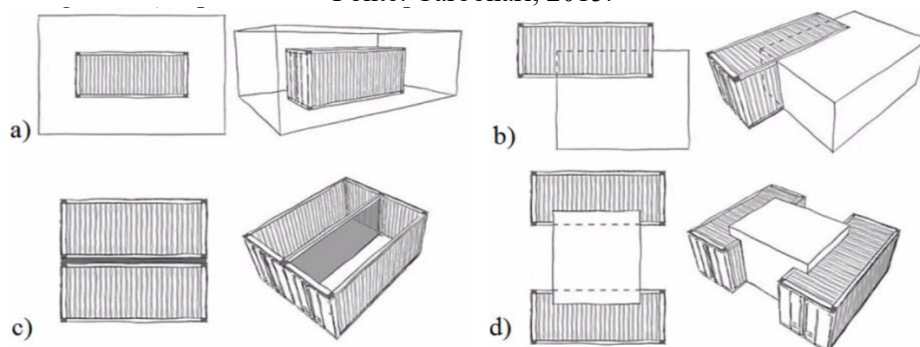


### 2.3.2 ELEMENTOS DE ORGANIZAÇÃO DA FORMA E DOS ESPAÇOS

Os contêineres são módulos resistentes que, mesmos com os cortes e devidas estruturações, podem ser empilhados de diferentes formas para a criação de diferentes composições estéticas e funcionais, como se vê em muitos projetos pelo mundo.

Para Ching (1995), a relação espacial pode ocorrer de quatro formas: com um espaço dentro do outro; com espaços conexos; com espaços contínuos; e com espaços interligados por um elemento. A seguir são demonstradas, na Imagem 2.8, algumas formas possíveis de se realizar, de forma simples, nas construções em contêineres.

Imagem 2.8 – Tipos de relações espaciais em construções contêineres.  
Fonte: Carbonari, 2015.



### 2.3.3 DETALHES TÉCNICOS DE PROJETO EM CONTÊINERES

No estudo de Justino *et al.* (2021) são apresentados desenhos técnicos referentes à instalação de dois contêineres de 20 pés posicionados um ao lado do outro com as portas do módulo viradas para a mesma fachada. A seguir é apresentado o estudo de caso modelo, para representação de detalhes técnicos de projeto, a fim de catalogação e exemplificação, que podem ser referências em projetos de outras tipologias com contêineres.



As paredes dos dois módulos que se encontram encostadas foram retiradas parcialmente para a ampliação do espaço interno, e as paredes que fazem divisa com o ambiente externo foram revestidas com material isolante e acabamento em gesso acartonado (JUSTINO *et al.*, 2021).

Imagem 2.9 – Planta de união de dois contêineres.

Fonte: Justino, 2021.

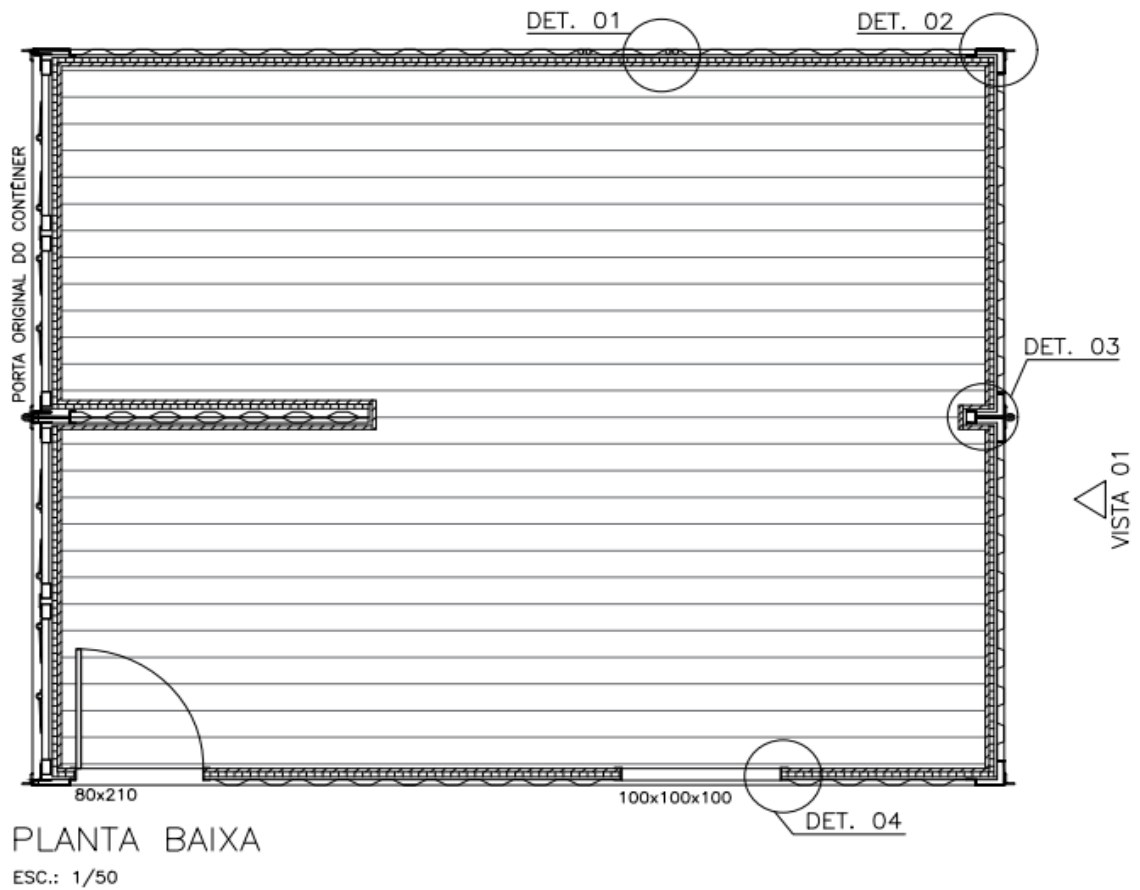
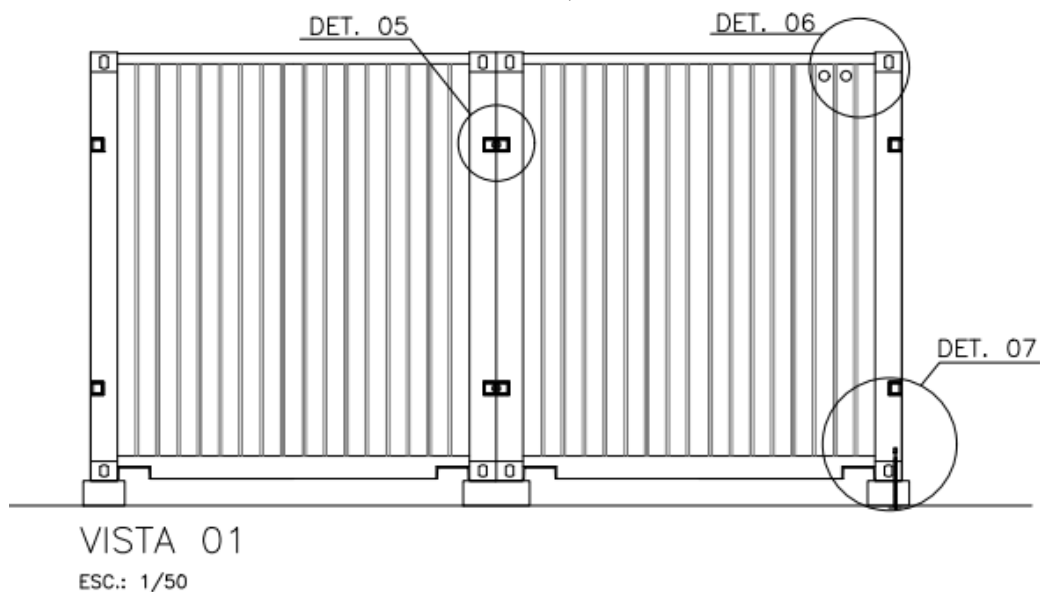


Imagem 2.10 – Vista 01 de união de dois contêineres.

Fonte: Justino, 2021.

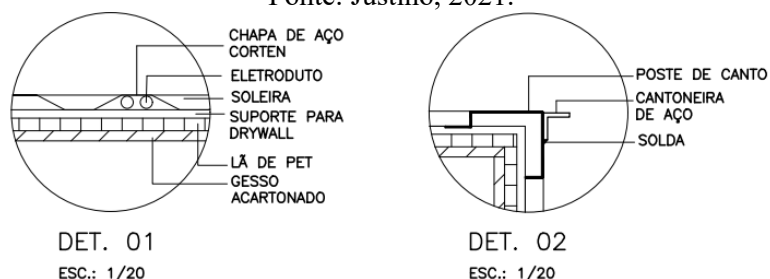


Na Imagem 2.11, o Detalhe 01 em planta, é apresentado o corte do perfil da parede externa, com a utilização de uma lã isolante (PET, vidro ou rocha) e gesso acartonado para acabamento, que poderia ser substituído por outros materiais em placa, como cimentícios, MDF, OSB e PVC. Para o aproveitamento de espaço foram passados os eletrodutos e tubulações de hidráulica pelos sulcos formados pela parede trapezoidal do módulo.

Ainda na Imagem 2.11, o Detalhe 02 em planta, demonstra a instalação de uma cantoneira metálica com abas iguais, uma peça soldada nos postes laterais com a função de fixação por soldas ou parafusos com outros módulos laterais, técnica que deve ser feita para outros modelos de fixação entre contêineres, seja horizontal ou verticalmente.

Imagem 2.11 – Detalhes 01 e 02 de união de dois contêineres.

Fonte: Justino, 2021.

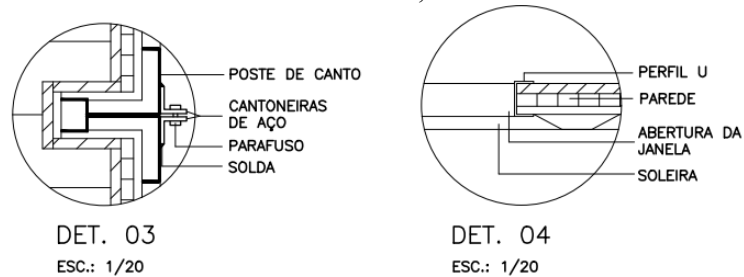


Já a Imagem 2.12, o Detalhe 03 em planta, ilustra a função da cantoneira metálica na fixação de dois contêineres por parafuso. Demonstra, também, no detalhe que a coluna de canto foi mantida, pois faz parte fundamental da estrutura do módulo.

Enquanto na Imagem 2.12, no Detalhe 04 em planta, é detalhado o corte da chapa lateral do contêiner para a colocação de uma janela, onde o perfil metálico em U, que poderia ser um perfil fechado de metalon, proporciona acabamento e resistência à seção cortada, formando um quadro para a fixação da esquadria. Para cada caso de corte deverá ser analisada a intervenção para a identificação do reforço necessário conforme a tipologia da construção.

Imagem 2.12 – Detalhes 03 e 04 de união de dois contêineres.

Fonte: Justino, 2021.

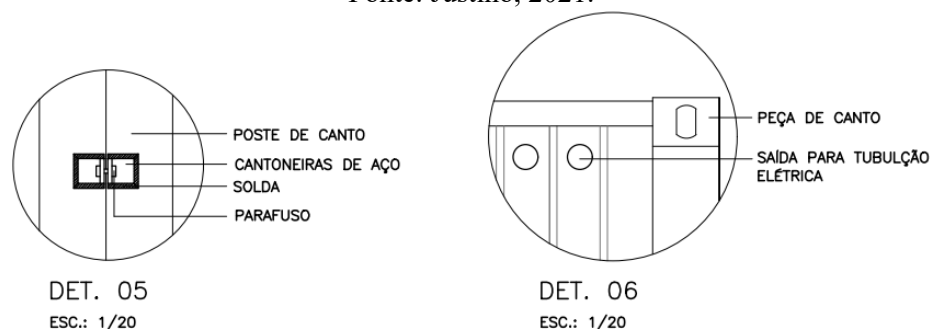


Na Imagem 2.13, no Detalhe 05 mostra as cantoneiras soldadas nos postes dos contêineres, demonstradas no Detalhe 03, porém vistas de frente. A junta entre os dois módulos deve ser selada com algum material aderente e flexível para que seja impermeabilizada a junção e não infiltre água dentro da edificação.

No Detalhe 06, na Imagem 2.13, é apresentada a possibilidade de abertura na chapa lateral para a passagem de tubulações, pois os postes de canto não devem ser cortados ou furados.

Imagem 2.13 – Detalhes 05 e 06 de união de dois contêineres.

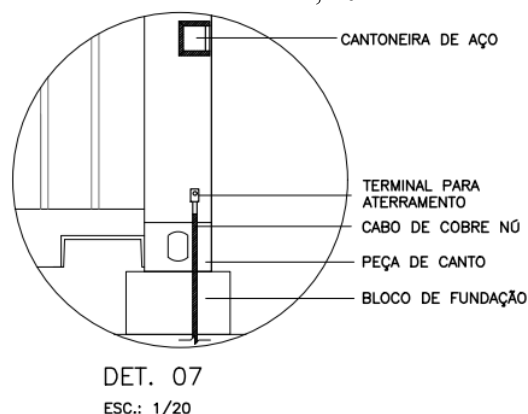
Fonte: Justino, 2021.



Por fim, o Detalhe 07, na Imagem 2.14, apresenta o aterramento da estrutura em aço, com a fixação de um cabo de cobre na coluna lateral e enterrado em uma haste de 1,20 metros no solo.

Imagem 2.14 – Detalhe 07 de união de dois contêineres.

Fonte: Justino, 2021.



Com relação ao forro é adotada a mesma metodologia de revestimento das paredes externas, podendo-se utilizar diferentes materiais. Vale destacar que a instalação de caixas de água deve ser feita em estrutura que se apoie nas colunas e vigas do contêiner, não sendo permitido seu apoio diretamente sobre a chapa da cobertura.

Para a utilização de escadas, recomenda-se o uso externo ao contêiner, não havendo a necessidade de cortes das chapas do teto do módulo térreo e piso do módulo do segundo pavimento. Porém, não é impossível a instalação, devendo conter um bom projeto de compatibilização dos módulos e cálculos de reforços estruturais. As escadas mais comumente utilizadas são as de aço, parafusadas ou soldadas nas estruturas da edificação (CARBONARI e BARTH, 2015).

#### 2.3.4 EXEMPLOS DE TIPOLOGIAS

Um único contêiner marítimo é modulo adaptável que pode ser habitável e representar mobilidade e natureza cosmopolita. O exemplo destes primeiros indícios é a unidade *Future Shack* (Imagem 2.15), do arquiteto Sean Godsell em 1985 na Áustria, como exemplo de uma habitação emergencial, adaptável e móvel. Os usuários desta obra eram chamados de nômades urbanos.

Imagem 2.15 – Unidade *Future Shack*.  
Fonte: Sean Godsell, 1985.



Conforme Kotnik (2008), os primeiros indícios de utilização de contêineres na arquitetura surgiram como manifestos artísticos e arquitetônicos, demonstrando-se que em um único contêiner era possível criar um espaço para moradia.

Segundo Tafner (2019), o projeto pioneiro no mundo utilizando contêineres na construção civil para uso permanente de pessoas foi a *Container City*, empresa de construção em contêineres idealizada em 2001 por *Urban Space Management Ltd.* que fica localizada no *Trinity Buoy Wharf*, em Londres.

O primeiro projeto da empresa, o *Container City I*, propôs a forma de construção adaptada ao cliente com a ligação de vários contêineres em conjunto, formando quatro pavimentos com 12 estúdios de trabalho em um total de 445 metros quadrados. Entregue em cinco meses, utiliza aproximadamente 80% em material reciclado e gerou uma demanda de ampliação do projeto inicial devido à rapidez, flexibilidade e sustentabilidade, lançando-se o *Container City II* e posteriormente outros variados empreendimentos do setor (TAFNER, 2019).

Imagem 2.16 – Empreendimento *Container City II*.  
Fonte: Site *Container City*, 2001.

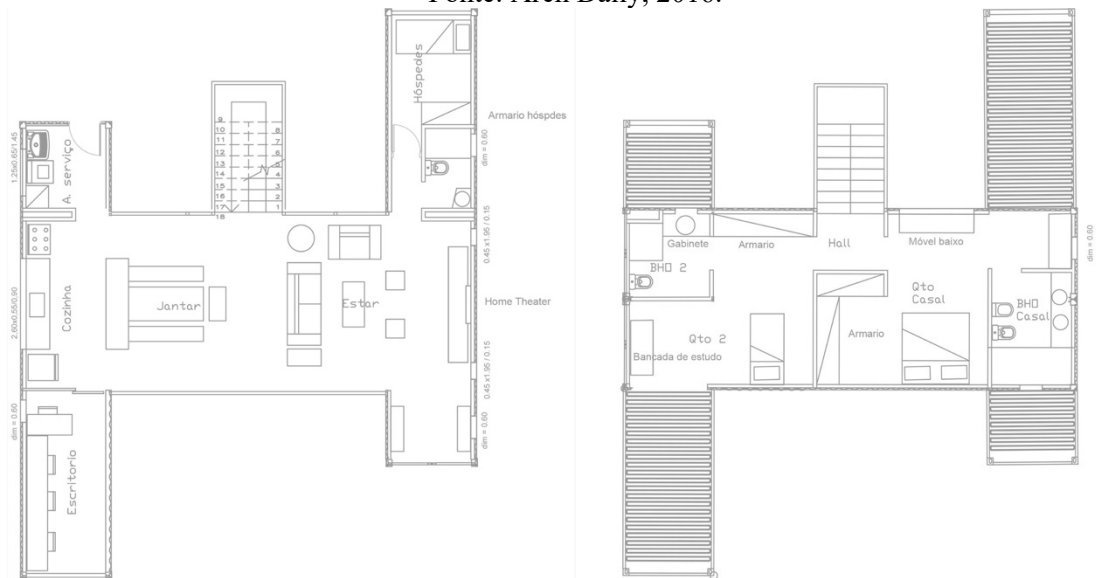


A primeira casa projetada e construída em contêineres no Brasil foi feita pelo arquiteto Danilo Corbas, para moradia da família em 2011 na Granja Viana, um condomínio da Grande São Paulo, com quatro contêineres de 12 metros e uma área total construída de 196 metros quadrados (ARCH DAILY, 2016). A casa de Corbas, com uma proposta de arquitetura dinâmica em dois pavimentos, busca um conceito sustentável, empregando reuso de água, reutilização de matérias-primas (contêineres), economia de uso de aglomerantes e aglomerados, eficiência energética com lâmpadas LED e o não uso de ar-condicionado e a utilização de tintas com menores teores de COVs (Compostos Orgânicos Voláteis). Para o auxílio no desempenho térmico contemplou-se ventilação cruzada, isolamento em lã de PET e telhado verde.

Imagem 2.17 – Fachada Casa Contêiner Granja Viana.  
Fonte: Arch Daily, 2016.



Imagem 2.18 – Plantas Casa Contêiner Granja Viana.  
Fonte: Arch Daily, 2016.



## 2.4 SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONTÊINERES MARÍTIMOS

O sistema construtivo em contêineres marítimos é relativamente novo comparado aos sistemas tradicionais de construção. Traz como inovação o fato de que a edificação bem planejada e executada pode proporcionar grandes vantagens no que diz respeito à velocidade de execução, sustentabilidade da obra (uso de resíduos, diminuição de perdas, modularidade) ou mesmo conceito estético.

Conhecer a procedência do contêiner é de grande importância para o seu uso para pessoas, devido ao risco de existência de materiais contaminantes (por agentes biológicos ou radioativos) oriundos do tipo de carga que foi transportada no módulo. A partir disto, há a necessidade de se adquirir estes módulos de lugares que fornecem laudo técnico de inspeção, que ateste a inexistência de riscos à saúde dos usuários.

Outro ponto a se destacar é a necessidade de registro do contêiner em território nacional, devendo o proprietário do módulo conter a Licença de Importação (LI) e o Documento de Importação (DI), onde consta o número de registro do contêiner, localizado na placa de identificação fixada na porta (CASTILHO e IKEGAMI, 2015).

#### **2.4.1 PROTOCOLO DE CONSTRUÇÃO**

Em levantamento realizado frente a empresas de modificações de contêineres para uso como edificações, identificou-se um protocolo sequencial de transformação do contêiner marítimo em ambiente construído de uso permanente de pessoas. A sequência para a intervenção em um módulo de 20 ou 40 pés segue as etapas:

1. Escolher o contêiner no porto ou empresa vendedora;
2. Comprar o contêiner que se encaixe nas necessidades;
3. Requerer laudo químico e trajetória de transportes;
4. Nacionalizar o contêiner;
5. Executar serviço de serralheria (cortes, soldas, lixamentos e tratamentos);
6. Preparar terreno e executar fundação;
7. Transportar e implantar o módulo no terreno;
8. Montar estruturação de vedações e fechamentos internos (se existir em projeto);
9. Instalar infraestrutura de elétrica e hidráulica (tubulações e caixas de passagem);
10. Colocar tratamentos termoacústicos (mantas, lãs, etc);
11. Montar revestimentos internos das vedações e fechamentos (acabamento de gesso, OSB, MDF, entre outros);
12. Colocar janelas e vidros;
13. Instalar ou lixar piso;
14. Instalar revestimentos cerâmicos de parede;
15. Instalar peças de granitos ou sintéticos;
16. Executar pintura geral;
17. Instalar louças e metais;
18. Colocar fiação e acabamentos elétricos;
19. Limpar obra.



A sequência refere-se à adaptação de um único módulo, podendo ser modificada para a melhor execução em determinados projetos, de acordo com a variação do número de módulos ou uso de destino. Nas primeiras etapas, deve-se ter atenção na escolha correta do módulo de contêiner, observando-se possíveis amassamentos, fissuras e patologias. Nesta etapa é muito importante, também, a análise do histórico de transportes de cargas do módulo para a verificação de transportes de possíveis produtos tóxicos e radiativos. Portanto, na etapa de escolha e compra do contêiner necessita-se de grande atenção ao estado físico e laudo técnico de histórico do módulo.

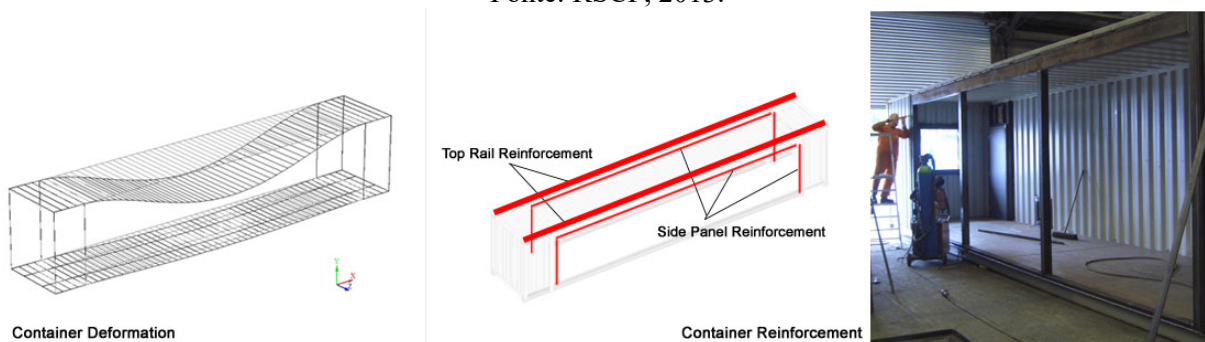
## 2.4.2 INTERVENÇÕES E ADAPTAÇÕES

Para adaptação do contêiner, é necessária intervenção sobre o módulo original, seja para a instalação de portas e janelas, seja para o anexo de outros módulos.

### 2.4.2.1 Cortes e reforços

No contêiner, em seu estado original, é possível o empilhamento em até oito unidades e tem capacidade de carregamento de cargas muito superiores às exigidas nas construções. Porém, quando se faz cortes e intervenções, há a necessidade de cálculos para a previsão de instalação de estruturas de compensação (RSCP, 2013). As chapas trapezoidais das laterais do contêiner representam grande participação na resistência estrutural, cumprindo a função de transmissão das cargas quando empilhado um sobre o outro (BERNARDO, 2013), desta forma, o correto corte e reforço estrutural é de grande importância para a garantia estrutural da edificação.

Imagem 2.19 – Deformação, reforço e cortes em contêiner.  
Fonte: RSCP, 2013.



Os cortes das chapas onduladas dos contêineres devem ser feitos com equipamento e mão-de-obra especializada, levando-se em conta o projeto de intervenção e estruturação. O

corte pode ser feito por máquina de serra circular para metal ou máquinas de plasma pressurizado, devendo inicialmente ser marcada a secção a ser cortada.

Imagem 2.20 – Abertura e união de contêineres.

Fonte: Autor, 2019.



#### 2.4.2.2 Tratamento do aço e piso

Como o contêiner é feito em aço e sofre com a ação de processos de degradação pelo clima marítimo por anos consecutivos, há a necessidade de tratamentos de possíveis patologias na estrutura do módulo. De acordo com as empresas consultadas, para os tratamentos utiliza-se, inicialmente, máquina de lixamento para a retirada de tintas e ferrugens e posteriormente a limpeza da área e aplicação de tinta primer protetora. Deve-se observar caso a caso a necessidade de tais tratamentos e possíveis substituições parciais ou totais das estruturas comprometidas. Outro ponto a destacar é o tratamento com aplicação de tinta primer protetora nas intervenções e cortes feitos, para a inibição de aparecimentos de futuras patologias por corrosão.

Outro ponto a ser destacado é a verificação da qualidade das colunas de canto e das peças de canto de apoio, pois as deformações nestas partes podem apresentar riscos estruturais no módulo. Conforme o Boletim Técnico 015 – *IICL Corner Fittings Inspection Criteria*, do *Institute of International Container Lessors (IICL)*, que é a principal instituição comercial de locação de contêineres, as peças de cantos de apoio devem conter condições mínimas de qualidade para garantir a resistência estrutural nos transportes. Apesar das recomendações do IICL serem para a vida útil dos módulos em transportes marítimos, podem ser levadas em conta e aplicadas para o uso na construção civil.

Neste Boletim Técnico encontra as condições aceitáveis, não aceitáveis e qual procedimento deve ser realizado para cada avaria nestas peças, como por exemplo: peças rachadas, deformadas e desconectadas da estrutura devem ser substituídas; já peças com pequenas ranhuras, que não comprometam sua abertura ou solda, podem ser mantidas.

Imagem 2.21 – Exemplo de peças de canto não aceitas.

Fonte: IICL, 2018.



Imagem 2.22 – Exemplo de peças de canto aceitas.

Fonte: IICL, 2018.



O piso do contêiner é feito em compensado naval marítimo, proporcionando grande durabilidade; porém, com os anos de uso, há desgastes pelas intempéries marinhas e nos transportes de elementos que danifiquem ou desgastem o material. Na intervenção do módulo é necessário ter atenção ao estado do piso para identificar possíveis patologias que venham a ocasionar problemas para os usuários; nestes casos, deve-se executar a troca ou tratamento.

É importante considerar a descontaminação do piso, por ser de madeira porosa com maior facilidade para a fixação de compostos contaminantes. Para o Boletim Técnico 015 – Floor Coating as an *IICL Repair Method*, do IICL, não é recomendado o revestimento dos pisos como método de reparo, pois, depois de aplicado o revestimento é impossível identificar danos

e contaminações nos pisos. Com isso, deve existir uma atenção maior na aquisição do módulo para a identificação da qualidade dos pisos e a tomada de decisão no tratamento ou troca dele.

Imagem 2.23 – Piso de contêiner com revestimento de tinta.

Fonte: IICL, 2018.



Imagem 2.24 – Parte inferior de piso de contêiner com revestimento de tinta.

Fonte: IICL, 2018.

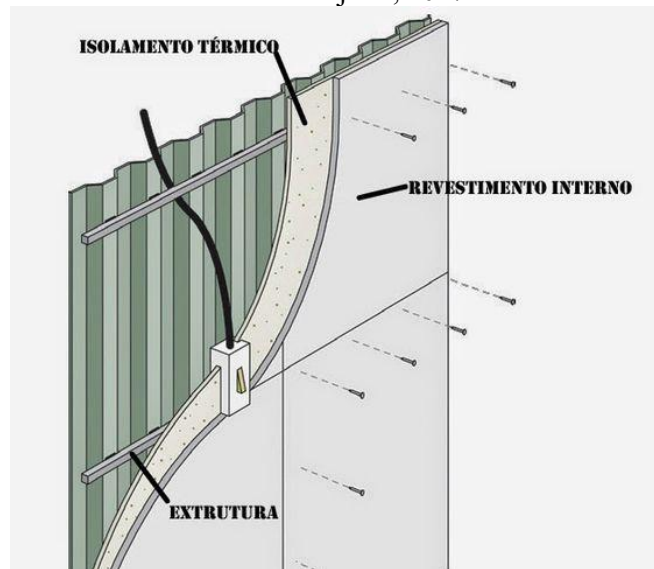


Portanto, na situação de haver certeza da procedência do piso e de sua descontaminação, é necessário a troca por completo; porém, se realizada a inspeção detalhada do piso e identificada a ausência de descontaminantes, pode ser mantido (CARBONARI e BARTH, 2015). Inicialmente, para o tratamento, é feito o lixamento de todo o material, seguido da troca onde necessário, posteriormente limpeza e, por fim, aplicação de materiais selantes e protetores, tais como zarcão e vernizes.

#### 2.4.2.3 Estruturação para revestimento

Quando há previsão de instalação de revestimentos internos e criação de fechamentos de cômodos, deve-se inicialmente rever todo o estado físico e químico da estrutura do contêiner e do piso, para em seguida iniciar com a estruturação dos perfis metálicos das paredes e revestimentos.

Imagem 2.25 – Esquema de revestimento interno.  
 Fonte: R. A. V. Projects, 2017.



As soluções mais utilizadas nos contêineres para a vedação interna e o fechamento de paredes são do tipo parede seca em *Ligth Steel Frame*. Tal tipo é usado amplamente pela facilidade de instalação do sistema e da colocação de tubulações de elétrica e hidráulica internamente da parede. Para revestimentos, os mais utilizados atualmente são o *Medium-Density Fiberboard* (MDF), o gesso acartonado, as placas cimentícias e o *Oriented Strand Board* (OSB).

Para a instalação das estruturas metálicas dos painéis e fechamento, segue-se a mesma metodologia das construções a seco do *Ligth Steel Frame*, com a instalação inicial das guias no teto e chão, posteriormente os montantes verticais a cada 60cm e por fim os reforços em pontos específicos.

Imagem 2.26 – Detalhe de Estruturação e fechamento interno.  
 Fonte: Autor, 2019.



#### 2.4.2.4 Instalações anexas

Quando é previsto a anexação de estruturas, como toldos, coberturas, fachadas, entre outros, e o acoplamentos de vários módulos, é preciso que nos pontos de encaixes e ligamentos sejam instaladas as referidas peças através de soldas ou parafusos e posteriormente feito o tratamento do local se necessário. Todas as instalações anexas e acoplamentos que se fixarem através de soldas deverão ser tratadas com tinta primer protetora para impermeabilizar a região lixada e soldada.

Imagem 2.27 – Junção entre contêineres.

Fonte: Autor, 2015.



Imagem 2.28 – Composição de diversos contêineres.

Fonte: Autor, 2015.

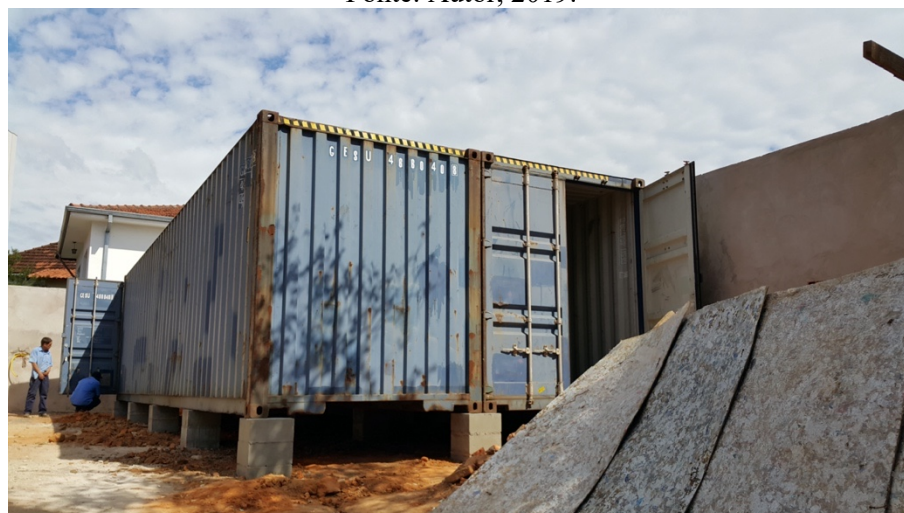


### 2.4.3 FUNDAÇÕES

As edificações em contêiner, como qualquer outra, necessitam de uma fundação para suportar o peso da construção sobre o lote. Tal fundação será definida conforme geometria do projeto e tipologia, temporalidade da obra e propriedades geofísicas do terreno (SLAWIK *et al.*, 2010). RSCP (2013) descreve três variações que ocorrem na base ou fundação das construções com contêineres: 1) construção de um porão abaixo do contêiner; 2) execução de um espaço pequeno para tubulações sob o módulo; e 3) apoio do contêiner diretamente sobre o solo.

Imagem 2.29 – Contêineres apoiados sobre sapatas.

Fonte: Autor, 2019.



Conforme Figuerola (2013), a fundação em radier, as vigas baldrames e as sapatas isoladas são as mais utilizadas nas construções em contêineres. Os módulos devem ser fixados na fundação através dos quatro cantos inferiores de apoios, utilizando-se peças niveladoras e fixadoras entre as bases de concretos da fundação e metais do contêiner (SLAWIK *et al.*, 2010).

### 2.4.4 TRANSPORTE, LEVANTAMENTO, ACOPLAMENTO E APOIO

Nas construções em contêiner deve-se levar em conta em o tipo de transporte e o acesso ao local, pois podem ser fatores que podem encarecer ou inviabilizar o empreendimento (SLAWIK *et al.*, 2010). Para Figuerola (2013), os caminhões e guindastes que fazem o transporte e levantamento dos módulos interferem no fluxo viário dos locais de aplicação. Desta forma, é necessário um bom planejamento para uma boa execução na obra.

O levantamento do contêiner deve ser realizado apenas pelas cantoneiras que se encontram nos oito vértices dos contêineres, pois são peças específicas para tais funções, com capacidade de resistir aos esforços durante o manuseio (SLAWIK *et al.*, 2010).

O apoio dos módulos é feito sobre a fundação especificada em cada projeto, podendo ser somente apoiado ou fixado com soldas ou parafusos. Para a locação na fundação, é necessário o uso de guindastes para o levantamento, e quatro pessoas, uma em cada canto, para o correto posicionamento e implantação no lote.

A modulação dos contêineres possibilita uma variedade de aplicações, possibilitando que os módulos sejam agrupados ou modificados a fim de atender as necessidades de cada usuário. Segundo Slawik *et al.* (2010), o acoplamento dos módulos pode ser feito de forma permanente através de soldas ou de forma reversível com o uso de parafusos. Outro ponto a destacar é a necessidade de juntas de dilatação em edificações com várias unidades de contêiner.

Imagem 2.30 – Transporte, levantamento e locação de contêineres em obra.  
Fonte: RSCP, 2013.



#### **2.4.5 INSTALAÇÕES PREDIAIS**

As instalações de elétrica e hidráulica podem ser passadas por dentro das paredes, quando existir, ou de forma aparente. Tal escolha dependerá muito do partido de projeto em cada caso.

Os materiais utilizados na elétrica são os mesmos utilizados em qualquer outra construção: são passados cabos flexíveis, conforme cada circuito, dentro de conduítes interligados entre o quadro de distribuição e os pontos de uso. Já para a hidráulica, pode-se utilizar as tubulações padrões rígidas de PVC, amplamente utilizadas nas construções convencionais, ou pode-se aplicar as tubulações flexíveis de polipropileno do sistema PEX.



Imagem 2.31 – Passagem de tubulações de elétrica.  
Fonte: Agnaldo, 2019.

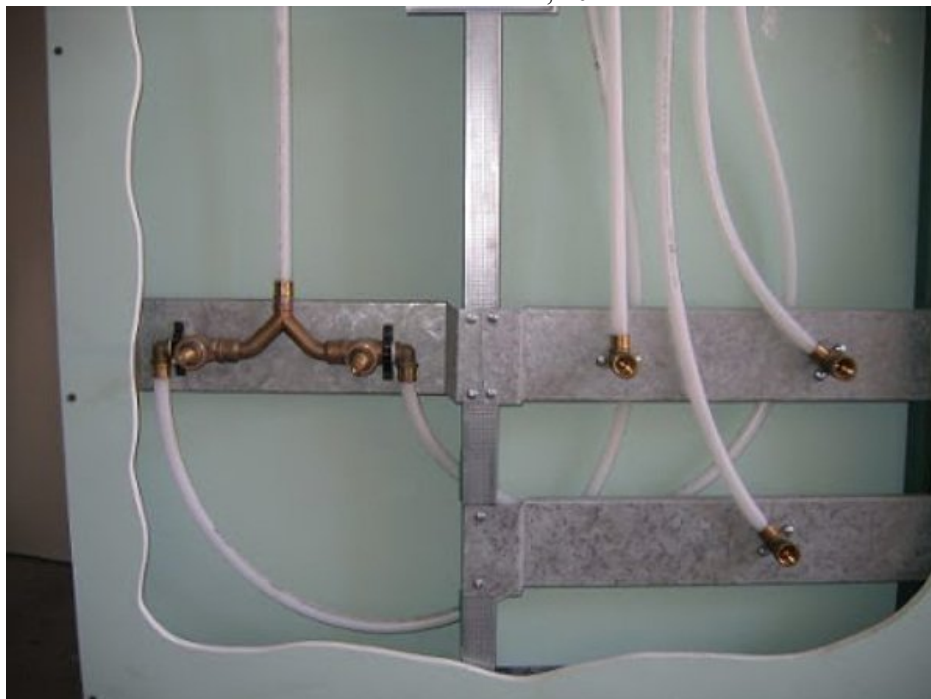


Imagem 2.32 – Instalação de canos de PVC para hidráulica.  
Fonte: Agnaldo, 2019.



Quando escolhida a instalação do sistema PEX, pode ser feita a instalação de infraestrutura como utilizada em elétrica com a colocação de quadros de passagem e conduítes, para a instalação posterior das mangueiras, centro de comando de registros e pontos de saída. A escolha deste sistema facilita a manutenção em caso de necessidade de troca, não precisando abrir as paredes para a substituição de peças, pois, com a identificação do local do conserto, será necessária somente a retirada da mangueira dentro do conduíte e a sua reposição. Outra vantagem a ser destacada é a utilização de mangueiras sem necessidade de emendas por conexões para percorrer todo o percurso, diminuindo assim a possibilidade de vazamentos.

Imagem 2.33 – Sistema Hidráulico PEX.  
Fonte: Habitissimo, 2021.



#### **2.4.6 TRATAMENTO TERMOACÚSTICO**

A utilização de revestimentos para tratamentos termoacústicos é uma etapa importantíssima na adaptação do contêiner marítimo, uma vez que a maior parte do módulo é feita em metal. Segundo Slawik *et al.* (2010), qualquer tipo de isolamento térmico pode ser utilizado desde que observada atentamente a espessura do material para não haver grandes perdas nos ambientes internos. Conforme Figuerola (2013), os materiais isolantes mais utilizados nas adaptações são o poliestireno expandido, a lã de rocha, a lã de vidro, o poliuretano extrudado, o aglomerado de cortiça e a espuma de poliuretano.

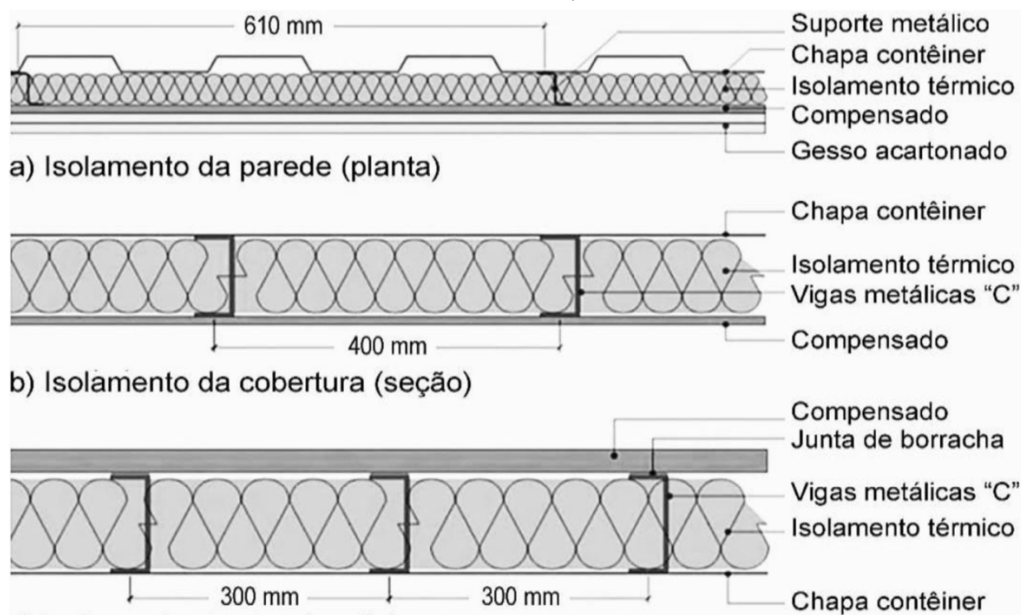
Imagem 2.34 – Lã de rocha em parede de contêiner.  
Fonte: Autor, 2019.



Deve-se especificar o melhor material para cada modelo de intervenção levando-se em conta o local de implantação da edificação e as necessidades de projeto. Para a aplicação e instalação, cada tipo de material será utilizado conforme a melhor forma; porém todos ocupam a mesma posição dentro do sistema de vedação da edificação, ou seja, o material isolante ficará no interior das paredes, cobertura e piso e protegidos pelas faces externas das vedações, como observa-se na Imagem 2.35.

Imagem 2.35 – Detalhes de isolamento termoacústico.

Fonte: Carbonari, 2015.



### 2.4.7 ESQUADRIAS

Os contêineres, em sua maioria, chegam à obra parcialmente adaptados, pois as empresas que realizam tais trabalhos já têm os equipamentos e mão de obra especializada para a realização dos cortes, reforços, aberturas de janelas e soldagem de peças (FIGUEROLA, 2013).

Os recortes são feitos com maquinário específico, e para as janelas e portas o método é o mesmo, sendo necessária a marcação do vão, posteriormente o corte e por fim a solda de requadro de metal para a intersecção e sustentação entre a chapa ondulada e a janela ou porta. Os requadros devem ser feitos com o mesmo material ou muito similar ao do contêiner (aço *corten*), pois ligas metálicas diferentes podem criar um diferencial de potencial e ocorrer a corrosão de um dos materiais.

Imagem 2.36 – Exemplo de requadro e janela em contêiner.

Fonte: RSCP, 2013.



As janelas e portas serão instaladas no requadro, conforme visto na Imagem 2.29, através de colas de poliuretano, parafusos ou soldadas, podendo ser de alumínio, aço, madeira, PVC ou vidro temperado.

#### **2.4.8 ACABAMENTOS**

Os acabamentos empregados dependerão muito do projeto arquitetônico e de interiores, podendo utilizar todos os materiais já amplamente aplicados nas construções convencionais. Há a possibilidade de instalação de revestimentos cerâmicos e porcelanatos, de papéis de parede, de pisos vinílicos e madeirados, entre outros. A utilização de granitos é feita da mesma forma, porém havendo a necessidade de paredes não onduladas para o encosto das pedras e um bom acabamento.

Imagem 2.37 – Revestimento interno em gesso em paredes de contêiner.  
Fonte: Autor, 2019.



Imagem 2.38 – Revestimentos internos em paredes de ambientes húmidos em contêiner.  
Fonte: Autor, 2019.



Para a instalação de pisos cerâmicos, porcelanatos e vinílicos é necessária a realização de uma regularização com argamassa sobre o piso de compensado naval do contêiner para uma aplicação plana das peças de acabamento. Já para a aplicação de revestimentos na parede, é preciso a instalação de fechamento interno plano em placa de gesso acartonado, placa cimentícia ou compensado naval para a aplicação dos acabamentos com argamassa colante específica para cada material.

Imagem 2.39 – Regularização de piso em contêiner.  
Fonte: Autor, 2019.



Para os acabamentos externos pode-se utilizar placas de fechamentos diversos, como lambris de madeiras tipo *sidding*, alumínio composto, PVC, placa cimentícia, entre outros, como visto na Imagem 2.6 B. Para a utilização aparente do contêiner, além a pintura com primer protetor, é necessário que seja feito o acabamento com tinta própria para metal e resistente ao tempo, como por exemplo a tinta poliuretana.

#### **2.4.9 COBERTURAS**

As construções em contêineres devem ter atenção à cobertura, levando-se em conta se o módulo ficará exposto ou coberto por algum material. Cada projeto determinará a forma da cobertura de cada empreendimento dependendo das necessidades dos usuários e das características locais. É importante identificar a existência de furos, trincas e aberturas nos tetos que poderão causar a não estanqueidade da construção e podendo causar problemas de umidade.

Para a cobertura de contêineres pode-se utilizar os sistemas já conhecidos no mercado, tais como estruturas em madeiras ou aço e telhas de cerâmicas, metálicas ou poliméricas. Observa-se a grande utilização de coberturas metálicas do tipo sanduíche, com o uso de telhas termoacústicas que podem ser instaladas com baixas inclinações e podendo ser escondidas em platibandas.

Outras coberturas utilizadas também são o telhado vegetal e o deck elevado, proporcionando espaços úteis ou contemplativos, porém em ambos os casos deve ser instalada uma estrutura secundária sobre a cobertura do contêiner para sustentação de cargas.

Vale ressaltar que as coberturas têm papel importante no desempenho termoacústico das construções, principalmente no caso das edificações térreas ou com poucos pavimentos – como é o caso da maioria das edificações em contêineres –, pois nesta situação são a maior área de recebimento de radiação solar durante todo o dia.





### **3 REQUISITOS IMPORTANTES DA NBR15.575 PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CONSTRUÇÕES EM CONTÊINERES**

Para Cordovil (2013) existem dois tipos de normas: as prescritivas e as de desempenho. Normas prescritivas determinam os requisitos usando como parâmetros o uso consagrado de produtos ou procedimentos; já nas normas de desempenho traduzem as exigências dos usuários e são consideradas como complemento às normas prescritivas.

A NBR 15.575 (ABNT, 2021) define níveis mínimos de desempenho para novas edificações obrigatoriamente. Está dividida em requisitos gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistema de coberturas e sistemas hidrossanitários. O desempenho térmico não pode ser atingido com condicionamento artificial de ar, o que garante eficiência energética e sustentabilidade. Suas formas de avaliações de desempenho comportam ensaios para análises de diversas envoltórias, por meios computacionais através de softwares e avaliação *in loco*.

O desempenho é o conceito mais diferenciado nesta norma. Não era utilizado nas normas de prescrição, que, antes, apenas estabeleciam padrões de execução separados por tipo de material ou sistema construtivo, sem descrever requisitos de desempenho em uso, acabando por restringir a inovação na construção. Nesta NBR não é definido como deve ser feito ou com que material/sistema deve ser feito, mas sim são estabelecidos os critérios mínimos de uso/desempenho que devem ser atendidos, o que contribui para o uso de novos sistemas e materiais (SACHS e NAKAMURA, 2013), como por exemplo as construções em contêineres.

A construção em contêiner marítimo, no Brasil, é considerada como produto inovador, segundo o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT), como material ou sistema que não contém uma Norma Brasileira pela ABNT ou outra instituição credenciada pelo Conmetro (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial).

Neste capítulo serão apresentados os requisitos da Norma de Desempenho que tiveram importância fundamental para a criação da metodologia experimental deste trabalho.

### 3.1 REQUISITO: DESEMPENHO TÉRMICO

As trocas de energia térmica acontecem através da envoltória da edificação, que recebe diretamente a radiação solar. Desta forma, o desempenho térmico e a eficiência energética estão diretamente ligados às características dos fechamentos externos.

Toda edificação, principalmente ambientes de permanência prolongada (APP), devem apresentar condições que atendam às exigências de desempenho térmico, proporcionando bem-estar aos usuários na unidade habitacional (UH). Para verificação dos requisitos mínimos deste desempenho são levados em conta definições, símbolos e unidades da NBR 15.220-3 (2005).

#### 3.1.1 PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO IN LOCO

Para o procedimento de medição na edificação, segue-se o Anexo A da primeira parte da norma, definindo os procedimentos técnicos a serem feitos para a aferição de temperatura em dias típicos de inverno e verão. A seguir são demonstrados os quadros com os critérios mínimos definidos para a diferença de temperatura entre o ar interno e externo para dias típicos de verão e inverno.

Quadro 3.1 – Critérios para classificação do desempenho térmico para verão.

Fonte: ABNT, 2013

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 1^\circ \text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$ e $T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} + 1^\circ \text{C})$

$T_{i,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 $T_{e,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Quadro 3.2 – Critérios para classificação do desempenho térmico para inverno.  
Fonte: ABNT, 2013

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6 a 8
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3 \text{ } ^\circ\text{C})$	Nestas zonas, este critério não pode ser verificado
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5 \text{ } ^\circ\text{C})$	
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7 \text{ } ^\circ\text{C})$	
<p><math>T_{i,mín.}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  <math>T_{e,mín.}</math> é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.            NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.</p>		

### 3.1.2 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL

A UH representativa na simulação deverá ter todos os cômodos considerados, para serem levados em conta possíveis trocas de temperatura entre os mesmos. A orientação deve seguir a que será construída e deverá passar por situações críticas do ponto de vista térmico. Como visto nos Quadros 3.1 a 3.2 para também nas avaliações computacionais, dias típicos de verão devem apresentar como requisito mínimo, no interior da edificação, valores máximos de temperaturas menores ou iguais ao valor máximo da temperatura do ar exterior, à sombra, para todas as zonas bioclimáticas. Já em dias típicos de inverno devem conter valores mínimos de temperatura maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida 3°C para zonas bioclimáticas 1 a 5, não sendo necessário realização de avaliação para zonas 6 a 8.

Segundo a norma, na avaliação por simulação computacional deve ser considerada toda a habitação, sendo cada ambiente uma zona térmica, estando a edificação orientada de forma a verificar os pontos críticos para dias típicos de inverno e verão. Em casos de ventilação pode ser considerada uma condição padrão com taxa de 1ren/h, ou seja, uma renovação de ar a cada hora e uma condição ventilada para 5ren/h. Já para casos de sombreamentos das aberturas, é considerada uma condição padrão, quando não há proteção contra radiação solar sobre as aberturas e uma condição sombreada, para proteções com 50% de corte da radiação. Para esta avaliação, segundo a norma, é recomendado o uso do Programa EnergyPlus.

### 3.1.3 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO SIMPLIFICADO

No procedimento simplificado para a avaliação do desempenho térmico, conforme a norma, é considerada toda a envoltória da edificação (paredes externas e coberturas) e as aberturas para ventilação.

Para a NBR 15575 (ABNT, 2013), em relação à transmitância térmica “U” e a capacidade térmica “CT”, as vedações verticais externas devem estar adequadas e apresentar valores que proporcionem o mínimo esperado para cada zona bioclimática. Os níveis mínimos aceitáveis são “M”, denominados mínimo, apresentados nos Quadros 3.3 a 3.5. O método de avaliação do desempenho das vedações verticais e horizontais é conforme os cálculos apresentados na NBR 15.220-2.

Quadro 3.3 – Transmitância Térmica das vedações externas, segundo NBR 15.575.

Fonte: ABNT, 2013

<b>Transmitância térmica U</b> <b>W/m<sup>2</sup>.K</b>		
<b>Zonas 1 e 2</b>	<b>Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8</b>	
$U \leq 2,5$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
$\alpha$ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Quadro 3.4 – Transmitância Térmica das coberturas, segundo NBR 15.575.

Fonte: ABNT, 2013

<b>Transmitância térmica U</b> <b>W/m<sup>2</sup>.K</b>				
<b>Zonas 1 e 2</b>	<b>Zonas 3 a 6</b>		<b>Zonas 7 e 8</b>	
$U \leq 2,30$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FT	$U \leq 1,5$ FT
$\alpha$ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. NOTA: O fator de correção da transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3.				

Quadro 3.5 – Capacidade Térmica das vedações externas, segundo NBR 15.575.

Fonte: ABNT, 2013

<b>Capacidade térmica (CT)</b> <b>kJ/m<sup>2</sup>.K</b>	
<b>Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7</b>	<b>Zona 8</b>
$\geq 130$	Sem requisito

Em ambientes de longa permanência, como cozinha, salas e dormitórios, as vedações verticais devem apresentar aberturas suficientes para proporcionar a ventilação interna nestes

ambientes. Para cada zona bioclimática, da NBR 15.220 (2005), são adotadas dimensões específicas, sendo “M” o mínimo de área aceitável em proporção à área do piso. Nas zonas de 1 a 7 as aberturas têm tamanhos médios com “M” de 7% da área do piso, enquanto para a zona 8 são adotadas aberturas grandes com “M” de 12% na região Norte do país e “M” de 8% nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

O método de avaliação das aberturas nas vedações verticais é dado pela análise do projeto arquitetônico, considerando cada ambiente de permanência, usando a seguinte expressão: “ $A = 100 \cdot (A_A / A_P) (\%)$ ”, onde “ $A_A$ ” é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo deve-se descontar todos os obstáculos existentes na esquadria e “ $A_P$ ” é a área de piso do ambiente.

### **3.2 REQUISITO: ESTANQUEIDADE**

A edificação deve ser pensada em projeto para que seja estanque a entrada de água ou umidade, proveniente de chuvas incidentes ou outras fontes. O projeto deve prever detalhes construtivos para as interfaces e juntas de componentes, evitando a penetração de água no interior da edificação, por conter um bom escoamento. Deve conter, também, no projeto as obras de proteção do entorno da edificação, buscando evitar o acúmulo de água nas bases das fachadas.

O método de avaliação laboratorial, no Anexo C da NBR 15575-4, prevê que as vedações verticais são submetidas, durante um tempo 7 horas, a face externa de um corpo-de-prova do *SVVE* (constituído pela parede, com ou sem pintura ou revestimento) medindo 135 cm de comprimento, 105 cm de largura e espessura variada, com uma vazão de água, criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática sobre essa face.

No caso em estudo, onde, em sua maioria, os sistemas serão constituídos por diferentes camadas na vedação, deve ser avaliado se a água penetra pela camada externa e fica depositada no interior da parede; neste caso é necessária a execução de janelas de inspeção na face interna do corpo de prova, por ocasião do ensaio.



## **4 AS PROPRIEDADES TÉRMICAS PARA O CÁLCULO SIMPLIFICADO DE DESEMPENHO NOS CONTÊINERES**

As propriedades térmicas são características que descrevem como um material responde a variações de temperatura. Algumas propriedades térmicas comuns incluem a absorvância térmica, o fluxo de calor, a condutividade térmica, a resistência térmica, o atraso térmico, a difusividade térmica, o calor específico, a capacidade térmica e a transmitância térmica. Essas propriedades determinam como o calor é transmitido, armazenado e como o material se expande ou contrai com mudanças de temperatura.

A capacidade térmica e a transmitância térmica são as propriedades que serão calculadas neste trabalho para análise dos resultados obtidos de desempenho térmico dos estudos de caso. É de grande importância apresentar algumas propriedades da ciência da termodinâmica para uma conceituação do trabalho, embasando as avaliações e as análises que foram realizadas.

Afirma-se que o calor é uma forma de energia. É definido como a transmissão de energia térmica de um meio mais quente para outro mais frio. Ou seja, o termo “transferência de calor” se tornaria errôneo perante a linguística acadêmica; porém, é muito utilizado, podendo aparecer em alguns momentos deste trabalho.

### ***4.1 ABSORTÂNCIA E EMISSIVIDADE TÉRMICA***

A absorvância térmica é a quantidade de energia térmica adicionada a um material ou corpo ao ser exposto a fontes de calor. Isso pode ser medido em joules ou outras unidades de energia. A absorvância da radiação solar ( $\alpha$ ) é um quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma determinada superfície, pela taxa total de radiação solar incidente na mesma superfície (ABNT-NBR 15220, 2005). Pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a temperatura ambiente, a superfície específica do material, e a natureza do material (por exemplo, seu tipo, densidade e etc.).

Já a emissividade ( $\epsilon$ ) é o quociente da taxa de radiação emitida por uma determinada superfície, pela taxa de radiação emitida por um corpo negro com a mesma temperatura (ABNT-NBR 15220, 2005).

## **4.2 FLUXO DE CALOR**

O fluxo de calor ( $Q$ ) é o quociente que mede a transferência de energia térmica ( $q$ ) de uma região de alta temperatura para uma região de baixa temperatura em uma determinada área em um intervalo de tempo (ABNT-NBR 15220, 2005). O fluxo de calor pode ser causado por diferenças de temperatura, pressão ou concentração de substâncias, e pode ocorrer por condução, convecção ou radiação. É dado pela Equação 1:

$$Q = q \cdot A \quad [1],$$

onde  $Q$  é o fluxo de calor em W,  $q$  a densidade do fluxo de calor em  $W/m^2$  e  $A$  é a área da superfície de transferência de energia térmica, representada em  $m^2$ .

## **4.3 CONDUTIVIDADE TÉRMICA**

Segundo a NBR 15220-1 (2005), a condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) é a medida da habilidade de um material homogêneo e isotrópico em conduzir energia térmica. É a quantidade de calor transferida por unidade de tempo por unidade de área através de uma unidade de espessura do material, devido a uma diferença de temperatura (LAMBERTS et al, 2014). A condutividade térmica é medida em  $W/(m.K)$ , onde W representa watts, m representa metros e K representa graus Celsius. Alguns exemplos de materiais com alta condutividade térmica incluem cobre, alumínio e prata. Já materiais com baixa condutividade térmica incluem isolantes térmicos, como espuma de poliuretano e lã de vidro.

## **4.4 RESISTÊNCIA TÉRMICA**

A resistência térmica ( $R$ ) é a medida da oposição de um material ao fluxo de calor. É o quociente da diferença de temperatura entre duas superfícies, a interna e a externa, em um sistema ou componente construtivo, pela densidade de fluxo de calor, em um regime estacionário (ABNT-NBR 15220, 2005). Em outras palavras, é a habilidade de um material resistir à transferência de energia térmica. Materiais com alta resistência térmica são bons isolantes térmicos, enquanto materiais com baixa resistência térmica conduzem calor com facilidade. A resistência térmica para Lamberts et al (2014), é a propriedade que um sistema tem em resistir à passagem de energia térmica entre o exterior e o interior. A resistência térmica é dada pela Equação 2:

$$R = e/\lambda \quad [2],$$



onde  $R$  é a resistência térmica dada em  $(m^2.K)/W$ ,  $e$  é a espessura do material dada em metros e  $\lambda$  é a condutibilidade térmica do material dada em  $W/(m.K)$ .

#### **4.5 ATRASO TÉRMICO**

O atraso térmico ( $\varphi$ ) é o tempo necessário para que a temperatura de um objeto aumente ou diminua devido à transferência de calor. Em outras palavras, é o intervalo de tempo entre a mudança na fonte de calor e a mudança na temperatura em  $1^\circ C$  em um meio (sistema opaco) e a sua manifestação na superfície oposta de um sistema construtivo (ABNT-NBR 15220, 2005). O atraso térmico é influenciado por fatores como a condutividade térmica, a capacidade térmica, a resistência térmica e a transmitância térmica. É dado pela Equação 3:

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{R_t \cdot C} \quad [3],$$

onde,  $\varphi$  é o atraso térmico em horas,  $R_t$  é a resistência total do sistema dada em  $(m^2.K)/W$  e  $C$  é a capacidade térmica do componente dada em  $J/K$ .

#### **4.6 DIFUSIDADE TÉRMICA**

A difusidade térmica é a medida da taxa de difusão do calor em um material. Ou seja, é a velocidade com que o calor se espalha através do material devido à condução térmica. A difusidade térmica é medida em  $m^2/s$  e pode ser calculada como a razão entre a condutividade térmica do material e sua capacidade térmica específica (ABNT-NBR 15220, 2005). Quanto maior a difusidade térmica de um material, mais rápido o calor é conduzido através dele. É usada para prever a distribuição de temperatura em objetos submetidos a fontes de calor e para projetar sistemas térmicos, como fornos e equipamentos de refrigeração.

É dada pela Equação 4:

$$\alpha' = \lambda / \rho \cdot c \quad [4],$$

onde,  $\alpha'$  é a difusidade térmica,  $\lambda$  é a condutibilidade térmica do material dada em  $W/(m.K)$ ,  $\rho$  é a densidade do material dada em  $kg/m^3$  e  $c$  o calor específico dado em  $kJ/(kg.K)$ .

#### **4.7 CALOR ESPECÍFICO**

Segundo a NBR 15220-1 (2005), o calor específico é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa de um material em uma unidade de temperatura. É a quantidade de calor por unidade de massa necessária para elevar a temperatura de um material em 1 grau Celsius ou Kelvin. O calor específico é medido em  $J/(kg.K)$  ou

J/(g.°C) e varia de acordo com o material e a temperatura. Alguns materiais têm calores específicos elevados, o que significa que eles precisam de uma quantidade relativamente grande de calor para elevar sua temperatura. Outros materiais têm calor específico baixo, o que significa que eles precisam de uma quantidade relativamente pequena de calor para elevar sua temperatura.

#### **4.8 CAPACIDADE TÉRMICA**

Capacidade térmica (C) é a quantidade de calor necessária para variar a temperatura de um objeto em 1°C em uma unidade de tempo, portanto, é a quantidade de energia térmica que um objeto pode armazenar. A capacidade térmica é medida em joules (J) e é calculada multiplicando-se o calor específico do objeto pela sua massa e pela diferença de temperatura. Quanto maior a capacidade térmica de um objeto, mais calor ele pode armazenar antes de sua temperatura mudar (LAMBERTS et al, 2014). Esta característica dos materiais sólidos pode ser chamada de inércia térmica, sendo que os materiais que apresentam capacidade térmica maior evitam grandes variações de temperatura no interior das edificações.

É dada pela Equação 5:

$$C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad [5],$$

#### **4.9 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA**

A transmitância térmica depende da condutividade térmica do material da superfície, da espessura do material e da diferença de temperatura de cada lado da superfície. Quanto maior a transmitância térmica, mais rápido o calor é transmitido através da superfície. A transmitância térmica (U) é o inverso da resistência térmica total em um sistema de face opaca, é dada pela Equação 6:

$$U = 1/R_T \quad [6],$$

onde,  $U$  é a transmitância térmica dada em  $W/m^2.K$  e  $R$  é a resistência térmica do material dada em  $m^2.k/W$ .

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 ESTRUTURA METODOLÓGICA**

Considerando que a meta principal deste trabalho é estudar o processo de produção de unidades habitacionais em contêineres, e analisar o desempenho do sistema construtivo em dois estudos de casos, a pesquisa está baseada em quatro pontos:

- I. Fundamentação histórica dos contêineres e teórica a respeito de seu uso atualmente na arquitetura e construção civil;
- II. Fundamentação teórica da Norma de Desempenho, a NBR 15.575 (ABNT, 2021) e cálculos simplificados da Norma de Conforto Ambiental, a NBR 15.220 (ABNT, 2005), para verificação e validação do sistema construtivo em estudo;
- III. Realização de ensaios em dias típicos de inverno e verão para coleta de dados de temperatura e verificação de desempenho;
- IV. Estudo dos projetos, soluções e aplicações de materiais nos estudos de casos analisados.

### **5.2 PESQUISA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A pesquisa, em questões teóricas, foi desenvolvida de forma exploratória, buscando, inicialmente, entender o histórico e contextualização do uso original do contêiner marítimo, para na sequência compreender o seu uso na arquitetura e construção civil. Com isso identificou, com a busca em empresas e profissionais do setor, as necessidades e características do sistema construtivo em contêiner. Esta etapa está apresentada no Capítulo 2.

Na sequência foi analisada a Norma de Desempenho, NBR 15575 (2021) e a Norma de Conforto, NBR 15220 (2005), com a ótica do sistema construtivo em contêineres. Buscou-se compreender os parâmetros e requisitos que poderiam ser aplicados ao sistema construtivo em estudo, para a realização de ensaios e interpretação dos dados. Com este estudo pretendeu-se traçar um paralelo entre normatização e contêiner, a fim de encontrar métodos para a verificação do desempenho térmico dos estudos de casos analisados na pesquisa. As concepções mais importantes a serem abordadas estão descritas nos capítulos 3 e 4. A análise propriamente dita está apresentada no Capítulo 6.

### 5.3 OS OBJETOS DE ESTUDO

A avaliação de desempenho foi realizada em duas unidades habitacionais unifamiliares, uma na cidade de Limeira e outra na cidade de Jaboticabal, ambas no interior do estado de São Paulo. As casas foram escolhidas por conterem estratégias diferentes de adaptação, possibilitando comparação importante entre as estratégias adotadas entre cada caso.

Para as cidades de Limeira e Jaboticabal, não constam na plataforma do Projeteee os dados bioclimáticos para análise. Desta forma, foram adotados os dados da cidade de São Carlos/SP que faz parte da mesma zona bioclimática 4, conforme NBR 15220.

#### 5.3.1 ESTUDO DE CASO EM LIMEIRA/SP

A edificação de Limeira é composta por três contêineres (dois no térreo e um no segundo pavimento) fixados paralelamente através de soldas e apoiados sobre sapatas de concreto armado. O revestimento interno foi feito com a técnica de *drywall*, estruturas de aço galvanizado, tratamento termoacústico com lã de rocha e revestimento em gesso acartonado. A cobertura foi feita em telhas cerâmicas do tipo romana, criando um cômodo de *soton* acima do 2º pavimento, contendo um espaço considerável de átrio de telhado.

As esquadrias internas são em madeira envernizada e as externas em vidro temperado com alumínio. A proporção das aberturas com o piso dos cômodos atende o mínimo estabelecido pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

Imagem 5.1 – Fachada casa contêiner em Limeira.

Fonte: Autor, 2019.



A cidade de Limeira está localizada no centro-leste do Estado de São Paulo, com latitude  $22^{\circ}33'53''$  sul e longitude  $47^{\circ}24'06''$  oeste, altitude de 588 metros (BUSCH, 1967) e Zona Bioclimática 4, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005). A zona de conforto para o período de verão é entre  $21$  e  $28^{\circ}\text{C}$ , e para o período de inverno é entre  $19$  e  $26^{\circ}\text{C}$  (INMET, 2016). Observe-se na Imagem 5.2 a demarcação geográfica da cidade de Limeira/SP.

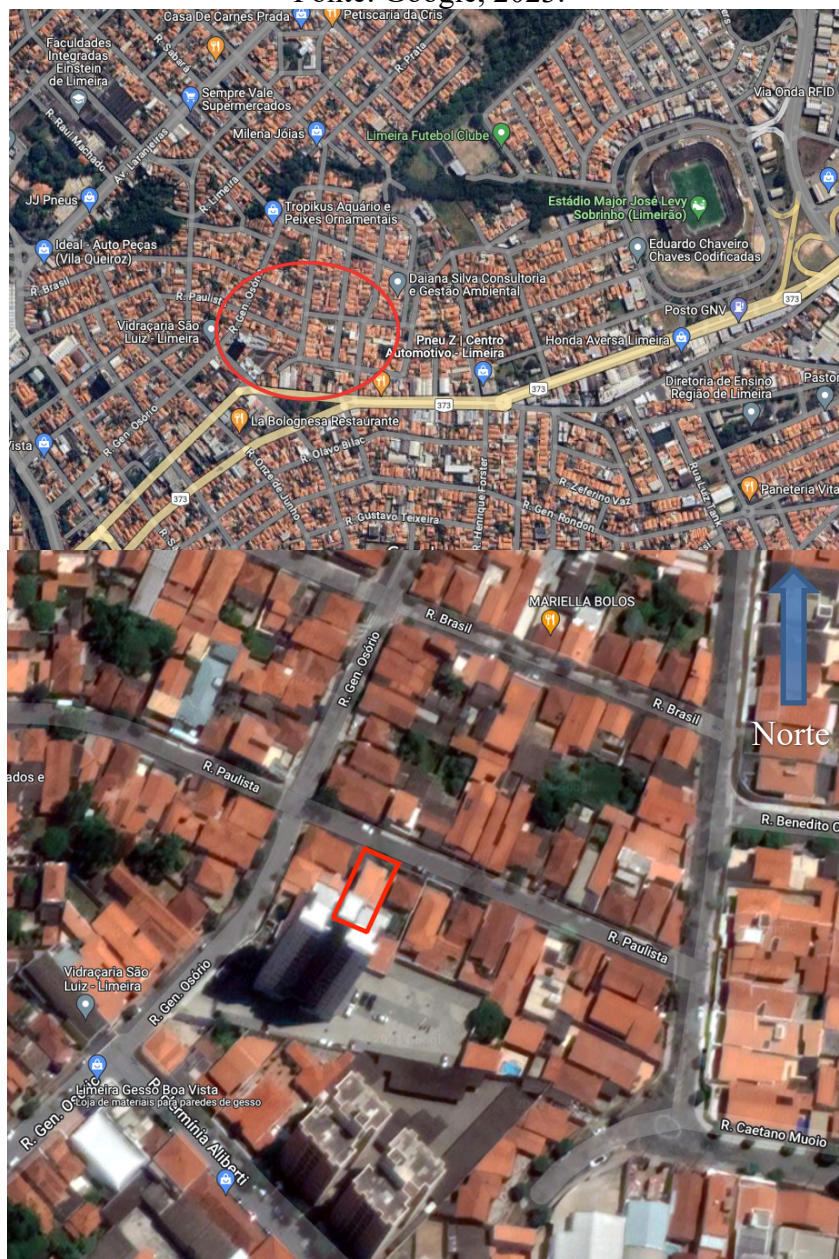
Imagem 5.2 – Imagens de satélite de localização geográfica de Limeira.

Fonte: Google, 2023.



Imagem 5.3 – Imagem de satélite casa Limeira.

Fonte: Google, 2023.



O lote da edificação está localizado em uma região muito adensada da cidade, a 1,30 km do centro da cidade, com a predominância de unidades habitacionais térreas. Existe um grande edifício no fundo do lote (face sul) que não influencia na irradiação solar sobre a edificação em estudo. Observa-se pela Imagem 5.2, acima, a microrregião da cidade com um círculo vermelho, na sequência o lote demarcado em vermelho e a seta azul para cima indicando o norte.

### 5.3.2 ESTUDO DE CASO EM JABOTICABAL/SP

A edificação de Jaboticabal é composta por dois contêineres de 20 pés no térreo apoiados sobre sapatas e um contêiner de 40 pés de forma transversal no segundo pavimento, além de conter anexos em alvenaria para uso de banheiros e coberturas em aço galvanizado que cobre a área de mezanino e uma varanda ligada à área social. Uma planta com ambientes integrados onde não existem muitas paredes para a delimitação dos cômodos, em seus dois pavimentos, sendo desta forma toda a área social um grande pátio e a área íntima toda em um só único contêiner com os quartos e escritório juntos sem delimitação por paredes, que por sua vez é um mezanino da área social, ou seja, toda a edificação é contemplada por um único volume de ar interno.

Cabe ressaltar que no caso de Jaboticabal, a edificação não foi finalizada a sua construção por falta de recursos da família proprietária, porém já é habitada e contém o mínimo necessário para o uso dos espaços, inexistindo tratamentos termoacusticos e acabamentos internos das paredes, forros e junções entre módulos e anexos de alvenaria. Os contêineres estão em seu estado cru, contendo somente a intervenção em partes do piso e nos cortes das chapas para aberturas, não contendo nem pintura de acabamento exterior. As esquadrias internas existem somente nos banheiros e são em madeira de demolição, já as externas são em vidros temperados e alumínios reaproveitados.

Imagem 5.4 – Fachada casa contêiner em Jaboticabal.

Fonte: Autor, 2022.



Imagem 5.5 – Interno casa contêiner em Jaboticabal.  
Fonte: Autor, 2022.



A cidade de Jaboticabal está localizada no norte-leste do estado de São Paulo, com latitude  $21^{\circ}15'17''$  sul e longitude  $48^{\circ}19'20''$  oeste, altitude de 607 metros e Zona Bioclimática 4, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005). A zona de conforto para o período de verão é entre  $21$  e  $28^{\circ}\text{C}$ , e para o período de inverno é entre  $19$  e  $26^{\circ}\text{C}$  (INMET, 2016).





Imagem 5.7 – Imagem de satélite casa Jaboticabal.  
Fonte: Google, 2023.



O lote da edificação está localizado em uma região pouco adensada da cidade, a 2,30 km do centro da cidade em um bairro novo de alto padrão com uso exclusivamente residencial, havendo a predominância de unidades de dois pavimentos. Está rodeado por casas térreas ou lotes vagos que não influenciam na irradiação solar sobre a edificação em estudo. Observa-se na Imagem 5.5, acima, a microrregião da cidade com um círculo vermelho, na sequência o lote demarcado em vermelho e a seta em azul para cima representando o norte.

## 5.4 AVALIAÇÕES TÉCNICAS SEGUNDO NBR 15.575

### 5.4.1 AVALIAÇÃO TÉRMICA

Para a avaliação do desempenho térmico foi feita a medição externa de temperatura de ar, para controle, e interna em cômodos específicos. Foi realizada por meio de coleta de dados *in loco* conforme procedimentos da Norma de Desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2021) com o equipamento Testo 175 H1, um *datalogger* de temperatura e umidade.

Imagem 5.8 – Datalogger Testo 175 H1.  
Fonte: Testo, 2020.



Os equipamentos foram instalados na altura aproximada de 1,20 metros do piso e próximos do centro de cada cômodo medido. Os *dataloggers* foram configurados para coleta de dados de temperatura a cada 15 minutos por um tempo de 10 dias para cada período de análise de inverno e verão em cada objeto de estudo. Este intervalo de tempo (a cada 15 minutos) foi escolhido por conter uma amostra de dados ideal para a análise e formulação de gráficos, e os dias foram escolhidos de forma a coletar o máximo de dias dentro do período disponível dos equipamentos.

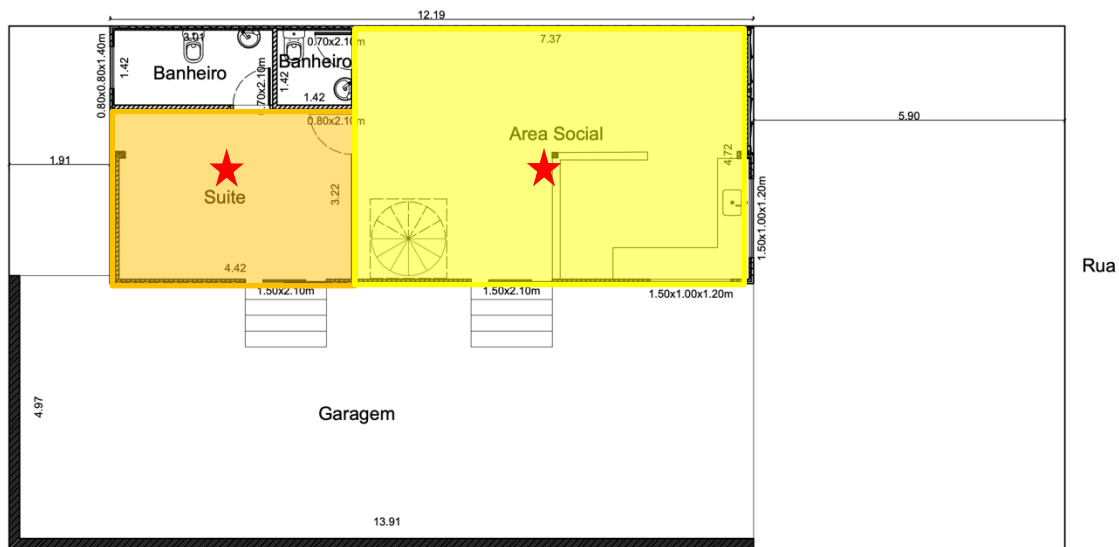
Adotou-se os períodos de medições de verão para os meses que contêm as maiores temperaturas e inverno para os meses com as menores temperaturas. As datas de medições foram definidas conforme previsão de condições meteorológicas favoráveis e disponibilidade dos equipamentos junto ao Laboratório de Construção Civil (LCC) do Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU) da USP de São Carlos. Após as medições de verão e inverno foram definidos os dias mais quente e frio, respectivamente, para a análise do desempenho térmico de cada estudo de caso.

### 5.4.1.1 Medições casa em Limeira

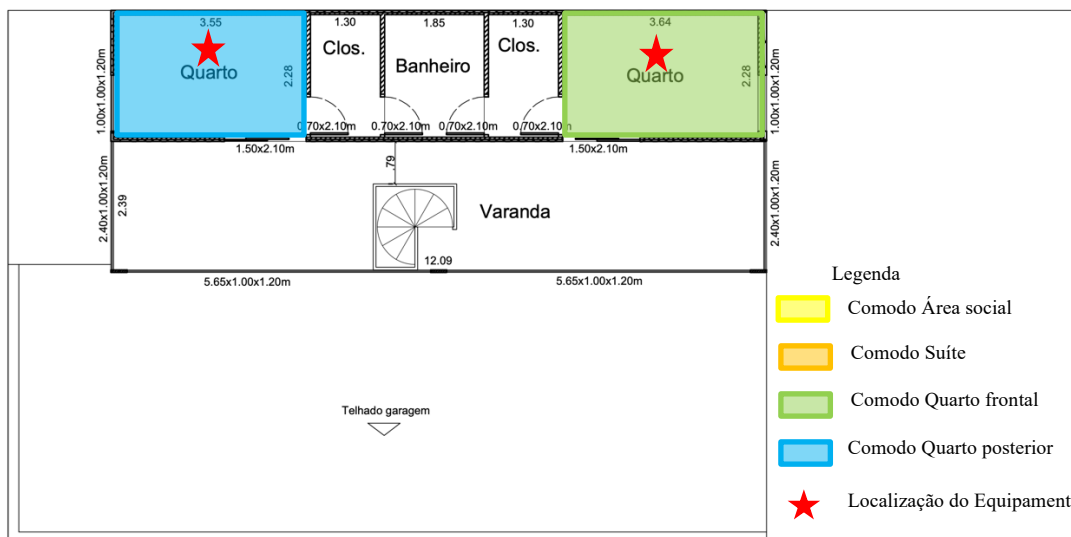
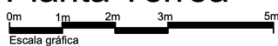
A casa de Limeira é dividida conforme Imagem 5.7, sendo: área social em amarelo, suíte máster em laranja, quarto frontal 2° pavimento em verde claro e quarto posterior 2° pavimento em azul claro.

Imagem 5.9 – Planta casa Limeira.

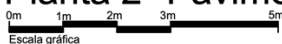
Fonte: Autor, 2022.



Planta Térrea



Planta 2º Pavimento



A coleta de dados de verão foi realizada no período de 28 de janeiro a 9 de fevereiro de 2021, já a coleta de inverno foi realizada no período de 18 de agosto a 18 de setembro de 2021, com a instalação dos sensores internos e externo, sendo eles área social e suíte máster no térreo

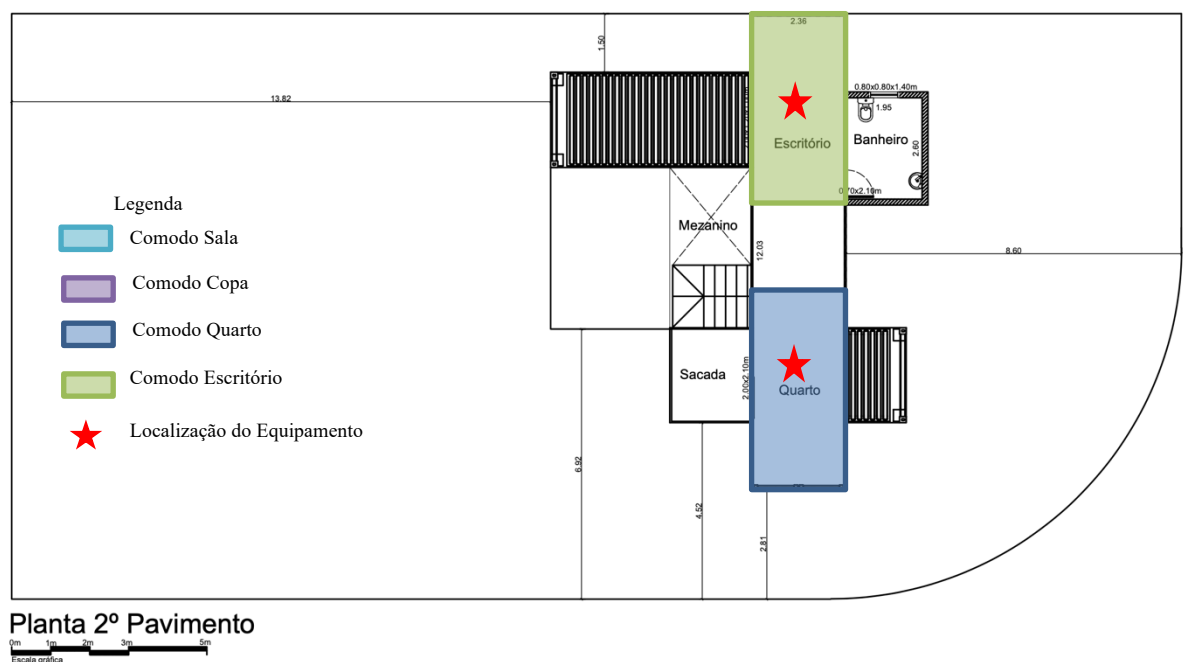
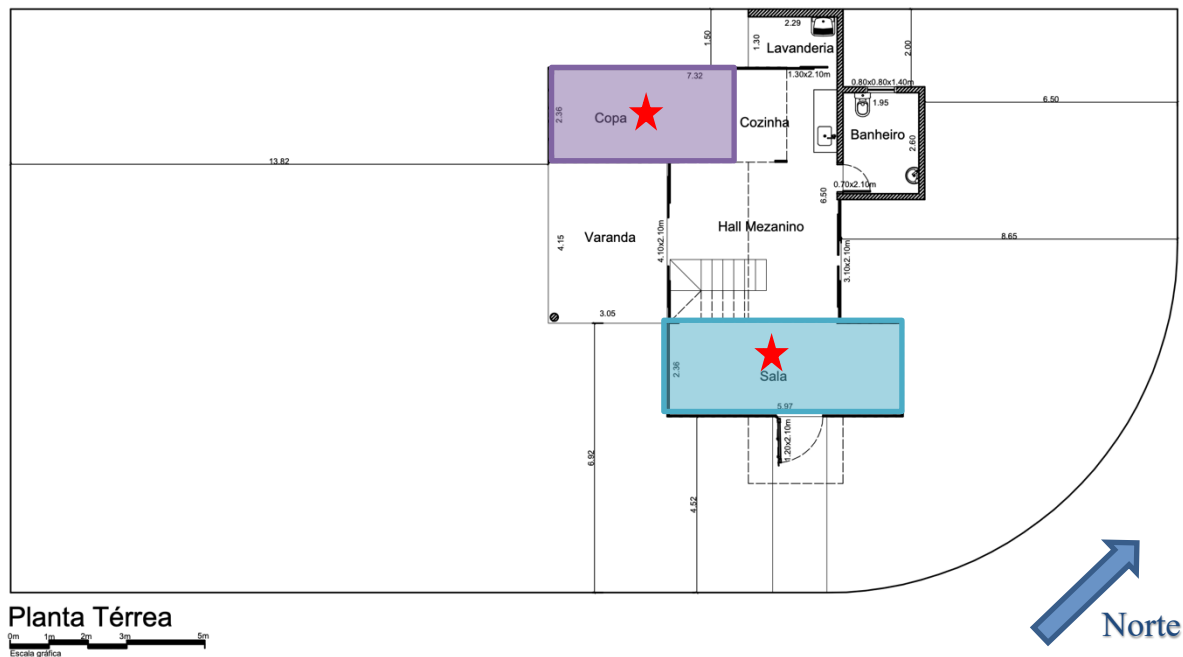
e dois dormitórios no 2º pavimento e no ambiente externo protegido da chuva e radiação direta (garagem no térreo).

#### 5.4.1.2 Medições casa em Jaboticabal

O objeto de estudo de Jaboticabal foi setorizado conforme a imagem 5.8, sendo: sala de TV em azul claro, a copa em roxo, o quarto em azul escuro e o escritório em verde.

Imagem 5.10 – Planta casa Jaboticabal.

Fonte: Autor, 2022.



A coleta de dados de verão foi feita no período de 03 a 13 de dezembro de 2021, enquanto a coleta de inverno foi realizada no período de 28 de maio a 01 de julho de 2022, com a instalação dos sensores internos na sala de TV e copa no térreo, quarto e escritório no 2º pavimento. O sensor externo foi alocado, protegido do sol e chuva, em uma varanda no térreo.

#### **5.4.2 AVALIAÇÃO DE ESTANQUEIDADE**

Os métodos de avaliação da NBR 15.575 (ABNT, 2021) que preveem que sejam avaliadas as vedações verticais em ambiente laboratorial, submetendo, durante um tempo determinado, a face externa da vedação a uma vazão de água, não foram realizados por não serem o foco desta pesquisa.

Na avaliação de estanqueidade foram analisadas as construções *in loco*, realizando a observação de possíveis patologias decorridas de umidade, verificação das vedações de esquadrias, coberturas e encaixes, além de entrevista com os usuários para coleta de informações sobre problemas ocorridos que não foram percebidos nas vistorias. Com estas análises buscou-se identificar os problemas e verificar as suas causas, sejam soluções de projeto ou execução de obra.

### **5.5 ESTUDOS DE DETALHES CONSTRUTIVOS E PATOLOGIAS**

Para os estudos de detalhes construtivos, dos objetos desta pesquisa, foram analisados os encaixes entre módulos, anexos, sistemas construtivos e materiais; a forma de intervenção em cada caso; tratamentos realizados; instalações de peças hidráulicas e elétricas, esquadrias, materiais e equipamentos; além de possíveis patologias ou problemas construtivos. Esta análise teve por objetivo buscar problemas e soluções adotadas na construção dos estudos de caso, com base no que já foi estudado nesta pesquisa no Capítulo 2.

Para este estudo foram feitas as análises de forma observativa em vistorias em cada casa, com anotações e registros fotográficos. Também se coletou depoimentos dos usuários dos ambientes sobre o uso dos espaços, a aplicação de tecnologias e a resolução de problemas.

## 6 RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa estão apresentados como desempenho térmico das edificações das cidades de Limeira/SP e Jaboticabal/SP para os períodos de verão e inverno. As coletas de temperatura foram realizadas nas duas edificações em contêiner nas duas cidades, pelo período de pelo menos 10 dias com medições a cada 15 minutos em dias típicos de calor e frio em cada estação (verão e inverno), sendo possível a coleta de dados do desempenho térmico dos cômodos internos em comparação com a temperatura externa. Foram, também, calculadas as propriedades térmicas (transmitância térmica e capacidade térmica) para a envoltória de cada estudo de caso, para complementação no entendimento das análises.

### 6.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA CASA DE LIMEIRA

#### 6.1.1 PROPRIEDADES TÉRMICAS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS DA CASA DE LIMEIRA

O fato das paredes serem em aço, material de alta condutibilidade térmica, faz com que a energia térmica acumulada no exterior seja transferida com facilidade para dentro dos ambientes. Na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), é possível encontrar os dados de condutividade térmica de diferentes materiais, em que a alvenaria varia entre 0,70 e 1,05 W/(m.K) enquanto o aço apresenta 55 W/(m.K). Ou seja, o aço possui condutividade térmica muito maior do que os materiais tradicionais usados na construção. Assim, é necessária a aplicação de materiais isolantes em conjunto com a chapa do contêiner para garantir mais eficiência ao sistema de vedação.

A seguir é realizado um cálculo aproximado para a determinação de propriedades térmicas das paredes externas do estudo de Limeira/SP, e este apresentado juntamente com os quadros dos resultados de transmitância térmica e capacidade térmica. Destaca-se que as paredes externas são as que fazem divisa entre meio interno e externo, e são compostas (de fora para dentro) de uma chapa do contêiner em aço *corten* de 3mm (0,003) de espessura, revestimento térmico de lã de rocha de 5cm (0,05) de espessura e placa de gesso acartonado de 1cm (0,01) de espessura.

Para o cálculo de transmitância térmica (U) é necessário ser calculada a resistência térmica (R):

$$R_T = e/\lambda = e_a/\lambda_a + e_i/\lambda_i + e_g/\lambda_g \quad [7]$$

Onde  $e$  é a espessura do material e  $\lambda$  é a condutibilidade térmica do material, sendo “a” para a chapa do aço do contêiner, “i” para o material isolante de lã de rocha e “g” para a placa de gesso acartonado. Conforme dados de espessura de cada material usado na obra e sua condutibilidade conforme a NBR 15.220 (ABNT, 2005), calcula-se:

$$R_T = 0,003/55 + 0,05/0,045 + 0,01/0,35 = 1,14 \text{ m}^2.\text{k}/\text{W} \quad [8]$$

Com as resistências totais, é possível determinar a transmitância térmica (U) que é inversamente proporcional à resistência térmica (R):

$$U = 1/R_T = 1/1,14 = 0,88 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K} \quad [9]$$

Para a capacidade térmica é dada a seguinte fórmula, com somatória para cada camada da envoltória (aço *corten*, lã de rocha e gesso acartonado):

$$C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad [10]$$

Onde  $e$  é a espessura do material,  $c$  é o calor específico e  $\rho$  é a densidade de massa aparente.

$$C_T = (0,003.7800.0,46) + (0,05.100.0,75) + (0,01.900.0,84) = 22,07 \text{ kJ}/\text{m}^2.\text{K} \quad [11]$$

No quadro a seguir são demonstrados os critérios e resultados para a transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C) das paredes externas.

Quadro 6.1 – Requisitos e resultados de transmitância e capacidade térmica das paredes da casa de Limeira-SP.  
Fonte: Autor, 2022.

<b>Transmitância térmica - U (W/m<sup>2</sup>.k)</b>			
Zona	$\alpha$	Critério	Resultados
4	> 0,6	$\leq 2,5$	U = 0,88      Atende
<b>Capacidade térmica - C (kJ/m<sup>2</sup>.k)</b>			
Zona	Critério	Resultados	
4	$\geq 130$	C = 22,07	Não atende

Observando o Quadro 6.1 é possível verificar que as paredes externas atendem somente ao requisito de transmitância térmica conforme a NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Apesar do aço ter alta condutibilidade térmica, o material de lã de rocha com uma espessura de 5cm garantiu o isolamento da parede. Já para a capacidade térmica (C) o mínimo deveria ser 130 kJ, porém



a parede atingiu somente 22,07 kJ, por se tratar de um sistema construtivo leve, que tem baixa inércia térmica, necessitando de bom isolamento térmico para controle de temperatura.

### 6.1.2 DESEMPENHO TÉRMICO DE VERÃO DO OBJETO DE ESTUDO DE LIMEIRA

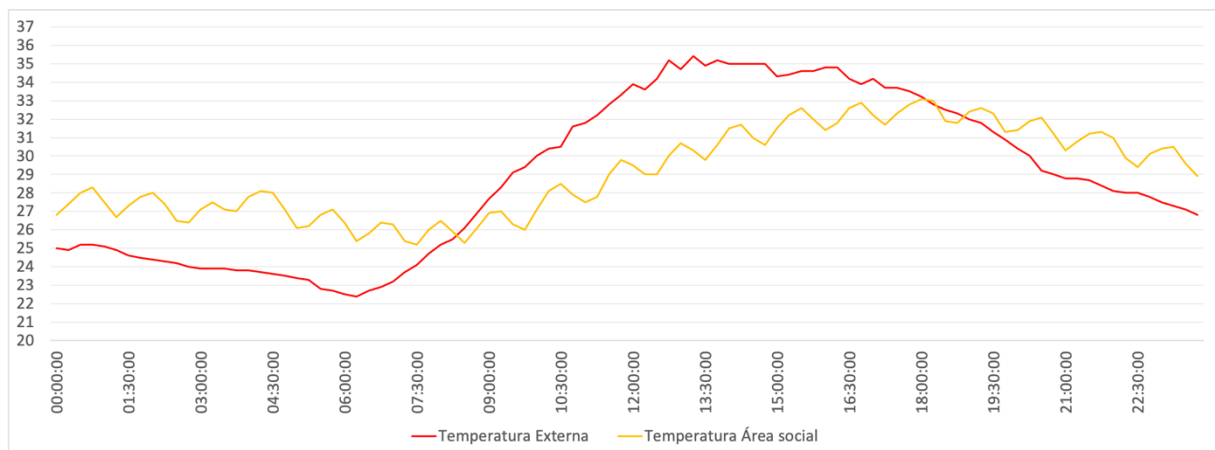
Dentro do período de coleta de verão da casa em Limeira, o dia 30 de janeiro de 2021 foi o que atingiu a maior temperatura máxima do ar externo ( $T_{e,máx}$ ), com 35,4°C. Para uma boa visualização da diferença de temperatura externa e interna dos cômodos, apresenta-se a seguir gráficos para cada ambiente, seguidos por suas análises cômodo a cômodo avaliado.

#### 6.1.2.1 Área social

O Gráfico 6.1 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da área social para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos 33,1°C.

Gráfico 6.1 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para área social.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.2 são demonstrados os resultados obtidos para a área social, notando que o cômodo atende aos requisitos mínimo e intermediário, não conseguindo atender o nível superior.

Quadro 6.2 – Níveis de desempenho térmico da área social para condições de verão.

Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	33,1	35,4	$33,1 < 35,4$	Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	33,1	35,4	$33,1 < 33,4$	Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	33,1	35,4	$33,1 > 31,4$	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para melhor entendimento. Ressalta-se que toda esta casa está encostada na divisa lateral direita (cota de 12,19m) e está disposta longitudinalmente ao norte. Ao lado do cômodo da área social existe a garagem coberta que faz sombreamento em toda a lateral esquerda da edificação, além da existência do segundo pavimento. Assim, o cômodo recebe insolação somente na parede da fachada, orientada para o norte.

Imagem 6.1 – Planta área social casa Limeira (verão).

Fonte: Autor, 2022.

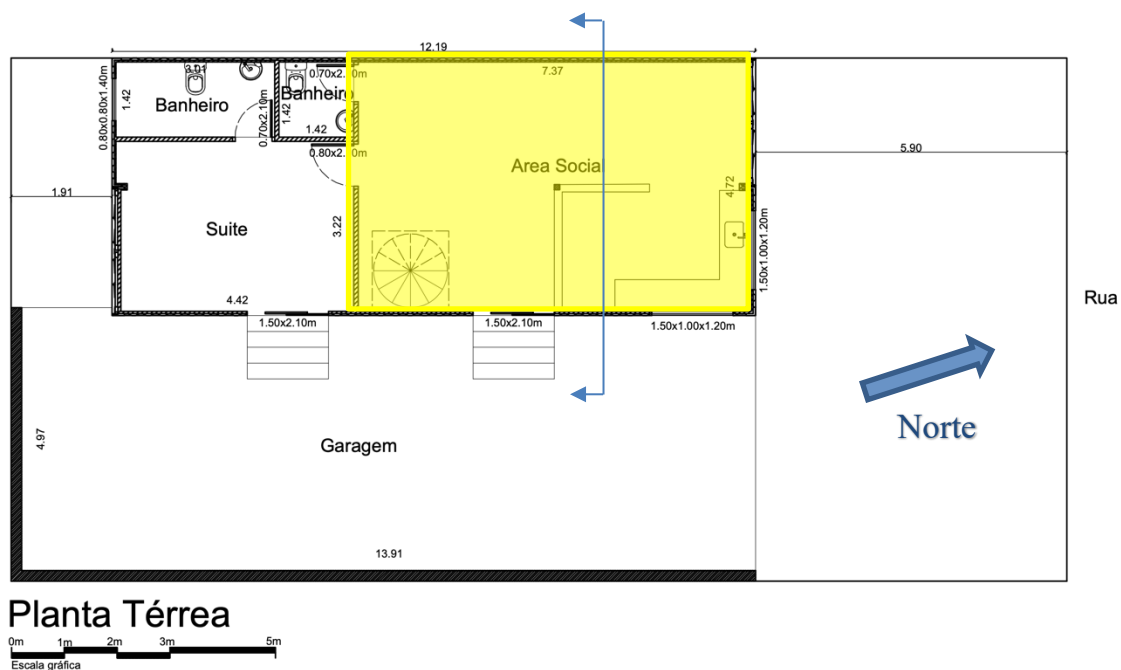
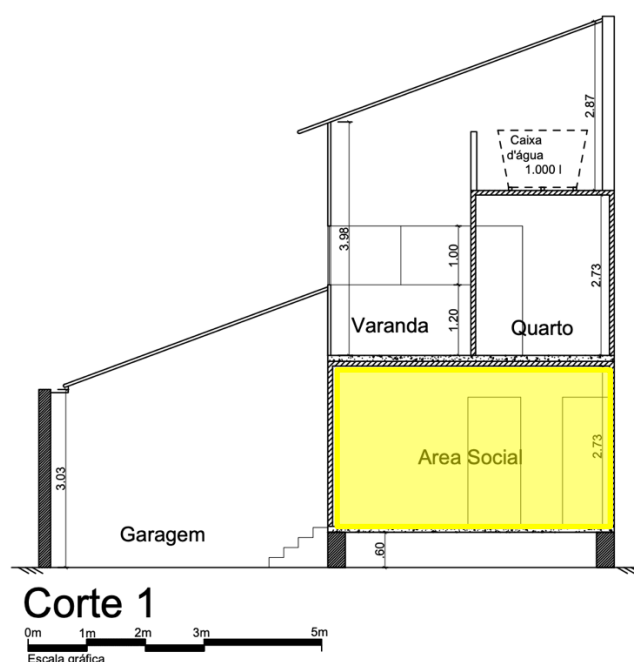


Imagem 6.2 – Corte área social casa Limeira (verão).  
Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.1 é possível observar que a temperatura interna se mantém menor que a externa apenas nas horas sem insolação. Entre as 8h30 e 19h, período em que a fachada recebe insolação, a temperatura interna está maior que a externa, demonstrando que a radiação solar interferiu diretamente no aumento da temperatura, seja pela radiação solar direta à parede, ou a refletida e emitida por outros corpos.

O cômodo da área social, conforme o Quadro 6.2, não obteve desempenho somente para o requisito superior, pois a sua diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$  é de apenas  $2,3^{\circ}\text{C}$ . Tal fato ocorre pela falta de uma envoltória que consiga barrar de forma mais eficiente a energia térmica recebida do meio externo.

Conforme apresentado nos cálculos das propriedades térmicas, no item 6.1.1, as paredes externas não contêm boa inércia térmica, por serem feitas de materiais leves. Porém, sua transmitância térmica é de 0,88, o que contribuiu para o atendimento dos dois requisitos, pois mesmo que a chapa do contêiner seja de aço com grande transmitância térmica, a lã de rocha contribuiu para o isolamento da parede.

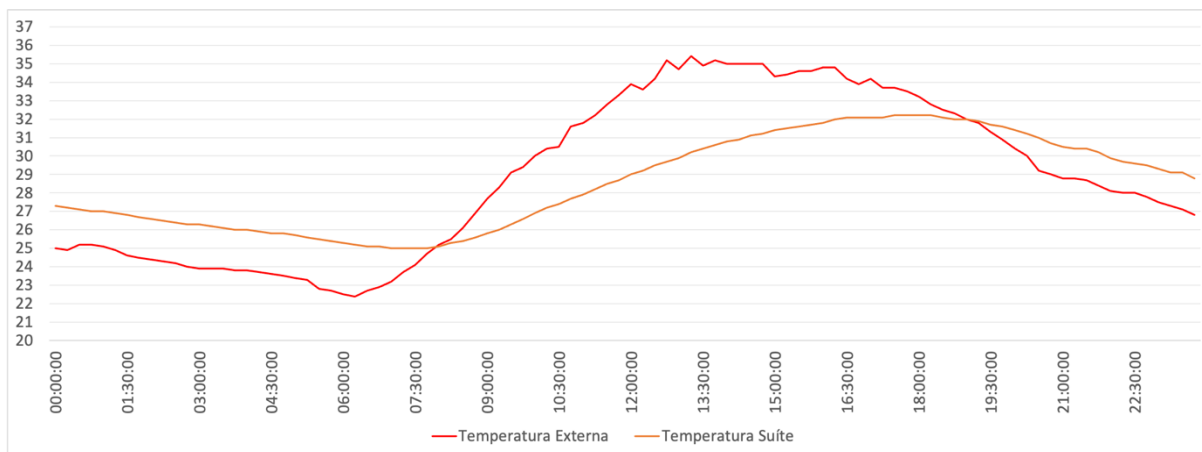
#### 6.1.2.2 *Suíte*

O Gráfico 6.2 representa a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da suíte no térreo para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos  $32,2^{\circ}\text{C}$ . No Quadro 6.3 é

demonstrado os resultados obtidos para a suíte, que atende aos mesmos requisitos que a área social.

Gráfico 6.2 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para suíte.

Fonte: Autor, 2021



Quadro 6.3 – Níveis de desempenho térmico da suíte para condições de verão.

Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	Ti,máx. ≤ Te,máx.	32,2	35,4	32,2 < 35,4	Atende
I	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 2° C)	32,2	35,4	32,2 < 33,4	Atende
S	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 4° C)	32,2	35,4	32,2 > 31,4	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Como a área social, a suíte também é encostada em sua lateral direita no vizinho e em sua lateral esquerda na varanda da garagem. Suas paredes não recebem insolação direta por serem duas delas internas ao contêiner (parede de *drywall*), uma externa que se divide com a garagem (chapa de aço mais revestimento de lã de rocha e gesso acartonado) e outra externa para corredor no fundo com orientação para o sul. A seguir a planta e corte do cômodo analisado, para melhor visualização.

Imagem 6.3 – Planta suíte térreo casa Limeira (verão).  
Fonte: Autor, 2022.

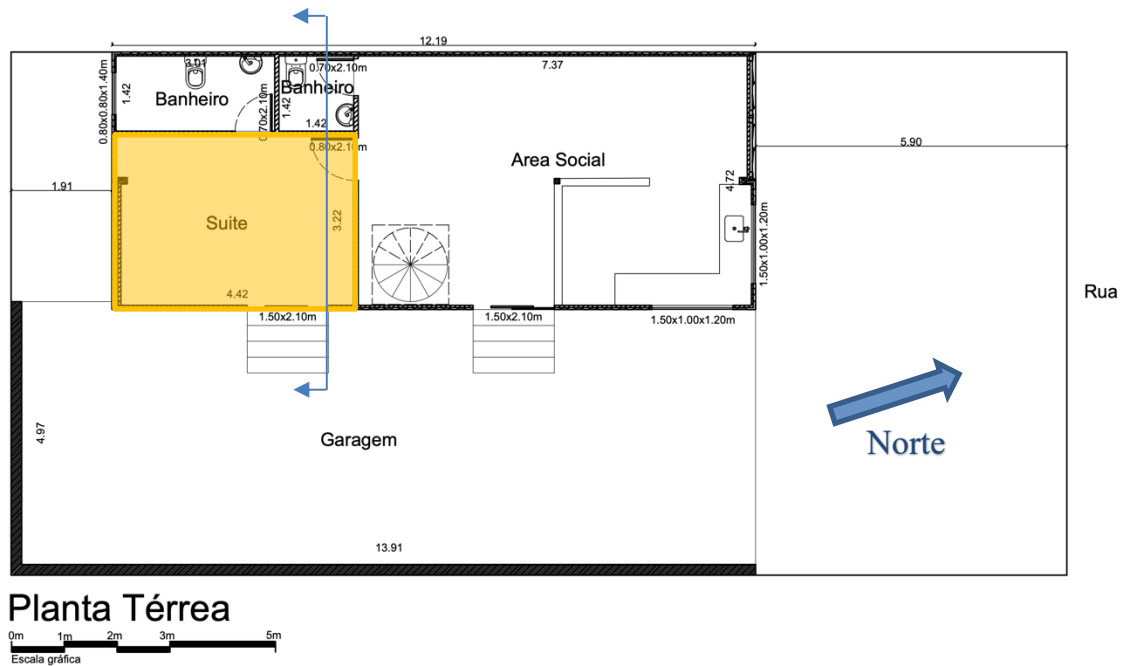
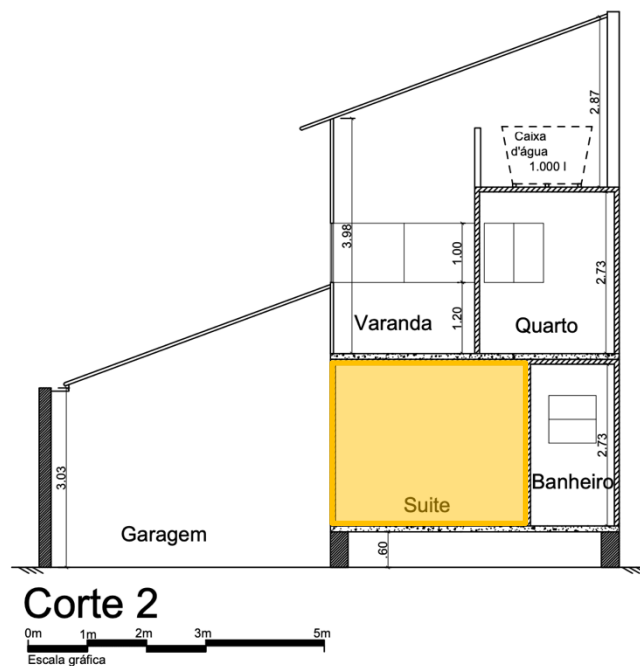


Imagem 6.4 – Corte suíte térreo casa Limeira (verão).  
Fonte: Autor, 2022.



As paredes que fazem divisa com o ambiente externo (chapa de contêiner mais acabamento interno) são feitas da mesma forma que no cômodo anterior, ou seja, não conseguindo barrar com eficiência a passagem de energia térmica para o interior, deixando

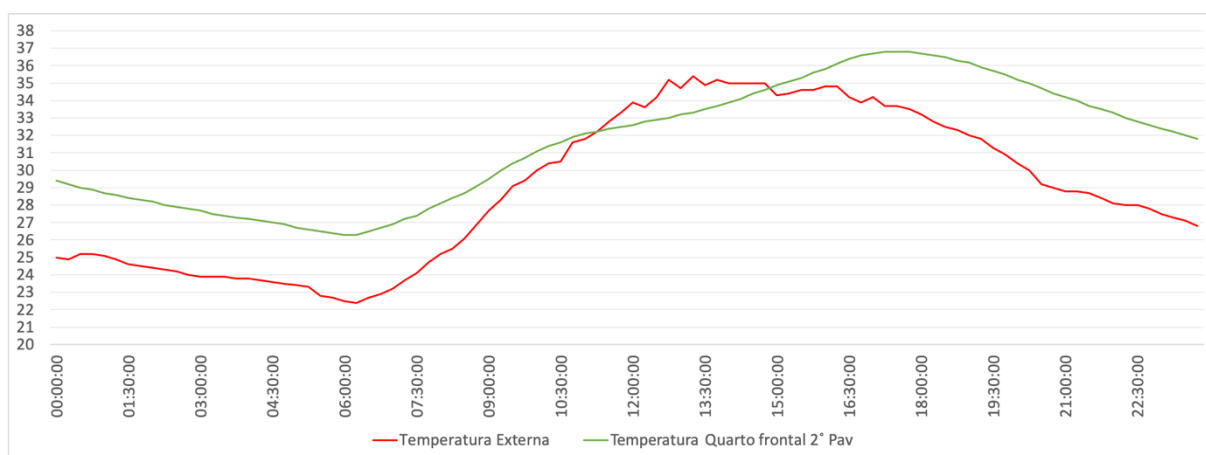
somente em 3,2°C a diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$ , não atingindo assim o requisito superior. Porém neste cômodo a temperatura interna obteve 0,9°C menor que a área social, pelo fato de não receber radiação solar direta em sua parede externa. De acordo com os cálculos das propriedades térmicas, a parede externa voltada para o fundo, da mesma forma que no cômodo anterior, não contém boa inércia térmica, por ser feita de materiais leves, porém sua transmitância térmica é baixa.

### 6.1.2.3 Quarto frontal

O Gráfico 6.3 representa a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto frontal do 2° pavimento para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos 36,8°C.

Gráfico 6.3 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para quarto frontal.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.4 são demonstrados os resultados obtidos para o quarto frontal do 2° pavimento, notando que o cômodo não atendeu a nenhum requisito.

Quadro 6.4 – Níveis de desempenho térmico do quarto frontal para condições de verão.

Fonte: Autor, 2021.

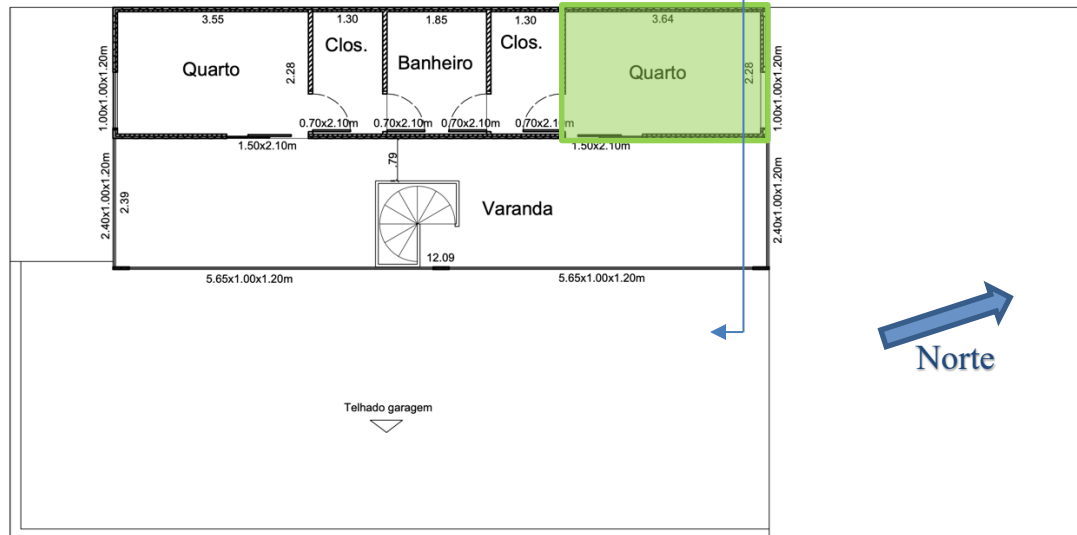
Nível de desempenho	Zona 4	$T_{i,máx}$ (°C)	$T_{e,máx}$ (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	36,8	35,48	$36,8 > 35,4$	Não Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	36,8	35,4	$36,8 > 33,4$	Não Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	36,8	35,4	$36,8 > 31,4$	Não Atende

$T_{i,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 $T_{e,máx.}$  é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Conforme a planta e corte a seguir, o quarto frontal fica encostado na divisa lateral direita com o vizinho (parede cega exposta a radiação solar), contém uma parede interna que divide com o closet e uma parede externa (da janela) voltada para o norte, além da existência da varanda (que é toda envidraçada) e átrio do telhado que forma um volume único de ar.

Imagem 6.5 – Planta quarto frontal casa Limeira (verão).

Fonte: Autor, 2022.



Planta 2º Pavimento

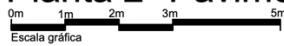
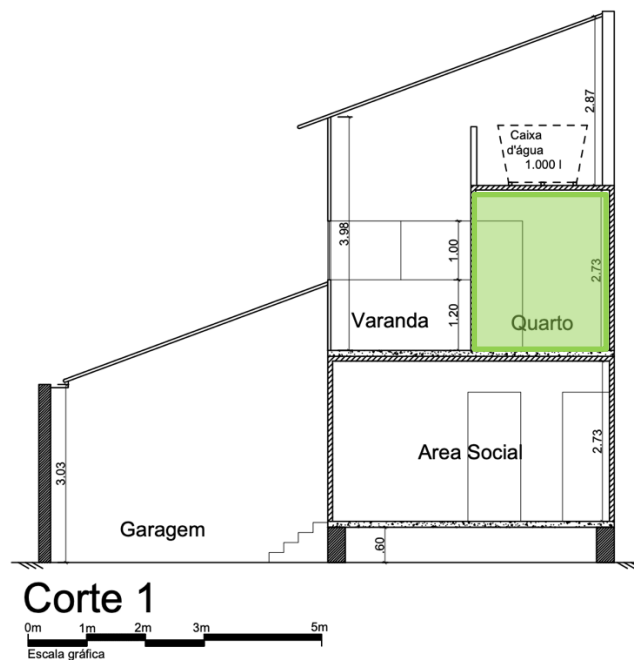
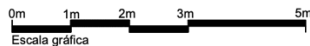


Imagem 6.6 – Corte quarto frontal casa Limeira (verão).

Fonte: Autor, 2022.



Corte 1



Nota-se pelo Gráfico 6.3 que a temperatura interna se mantém quase todo o dia maior que a temperatura externa, se mantendo abaixo somente nos horários mais quentes do dia. A diferença algébrica entre  $T_{i,máx.}$  e  $T_{e,máx.}$  é de apenas  $1,4^{\circ}\text{C}$ . O não atendimento de nenhum dos requisitos nesses cômodos se deve a sua grande exposição à radiação solar em suas paredes externas (divisa com vizinho e face norte), como também à existência da varanda toda envidraçada e do átrio do telhado sem tratamento térmico ligados diretamente ao cômodo analisado.

Destaca-se que a varanda foi envidraçada com janelas que possibilitam abertura para ventilação, porém são pouco utilizadas pelos moradores. Desta forma, somando a irradiação recebida pelo telhado, que não contém nenhuma manta de proteção térmica, mais o efeito estufa causado pelos vidros das janelas da varanda, aumentou-se a temperatura interna deste volume de ar varanda/átrio, o que influenciou diretamente na temperatura do quarto analisado.

Conforme observado na planta, há duas paredes externas desprotegidas de radiação, uma voltada para o norte e outra para o oeste, podendo contribuir para o aumento da temperatura interna. Contudo, segundo os cálculos das propriedades térmicas, no item 6.1.1, as paredes externas não contém boa inércia térmica por serem feitas de materiais leves, mas contém baixa transmitância térmica. O mal uso dos espaços com o envidraçamento da varanda localizada ao lado dos quartos, fez com que a temperatura interna aumentasse em um efeito estufa, influenciando no quarto.

Outro ponto de destaque é o isolamento da cobertura de toda a casa, pois foi feita somente com estrutura de madeira e telhas de barro. Poderia ter sido instalada manta de subcobertura que auxilia no retardo da transferência de energia térmica para o interior do átrio do telhado, como também poderia ter sido levado em conta a instalação de outro material para a cobertura, como as telhas termoacústicas que contém um miolo (sanduiche) em EPS.

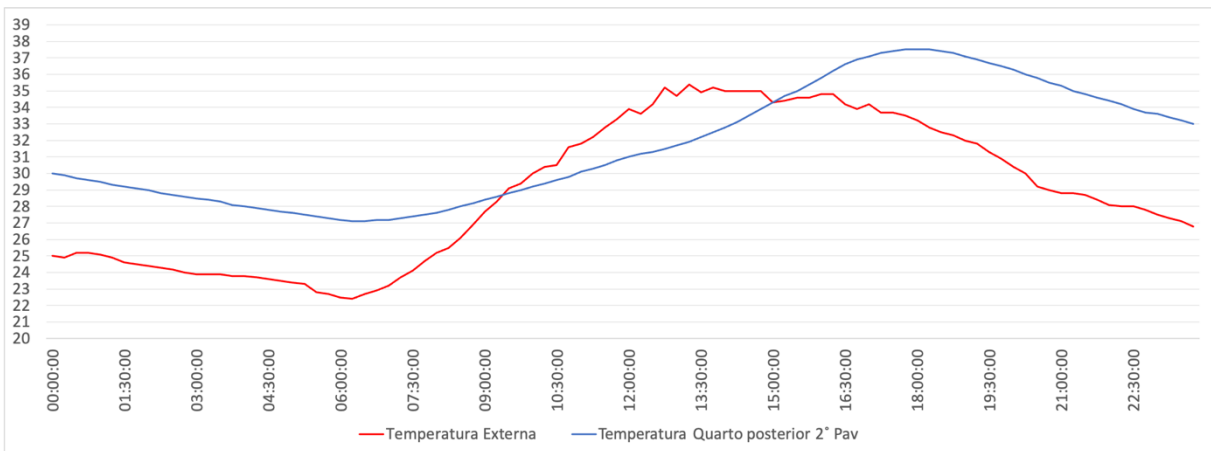
#### **6.1.2.4 *Quarto posterior***

O Gráfico 6.4 representa a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto posterior do 2° pavimento para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos  $37,5^{\circ}\text{C}$ . No Quadro 6.5 são demonstrados os resultados obtidos para o quarto posterior, que não atendeu aos requisitos, assim como o quarto frontal.



Gráfico 6.4 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para quarto posterior.

Fonte: Autor, 2021



Quadro 6.5 – Níveis de desempenho térmico do quarto posterior para condições de verão.

Fonte: Autor, 2021.

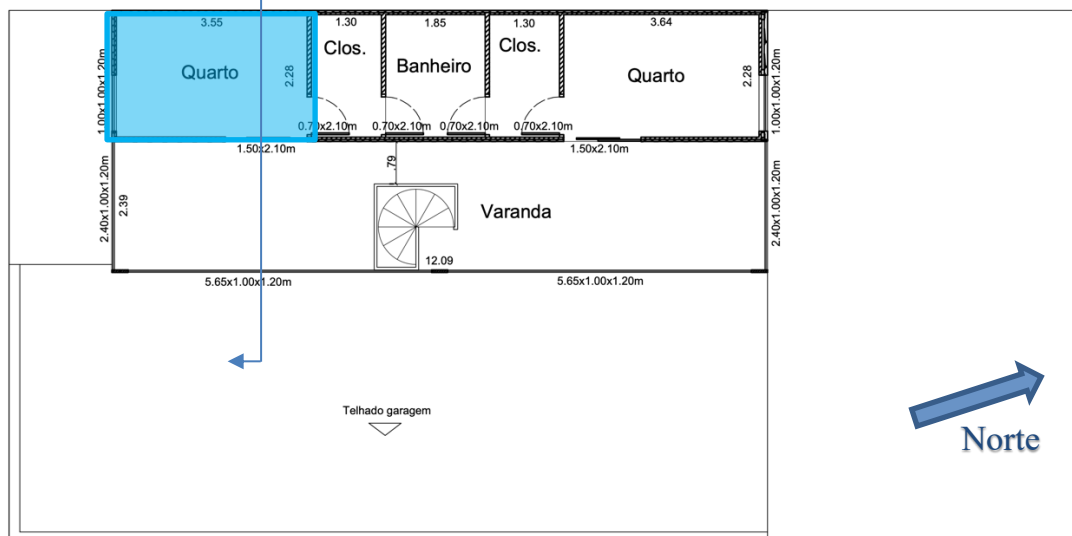
Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	37,5	35,4	$37,5 > 35,4$	Não Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	37,5	35,4	$37,5 > 33,4$	Não Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	37,5	35,4	$37,5 > 31,4$	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

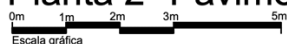
A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do quarto posterior para melhor visualização. Nota-se que a sua disposição é muito semelhante à do quarto frontal, contendo uma parede interna com o closet, uma parede interna com a varanda envidraçada e duas paredes externas (uma voltada para o vizinho e outra para o sul).

Imagem 6.7 – Planta quarto posterior casa Limeira (verão).

Fonte: Autor, 2022.



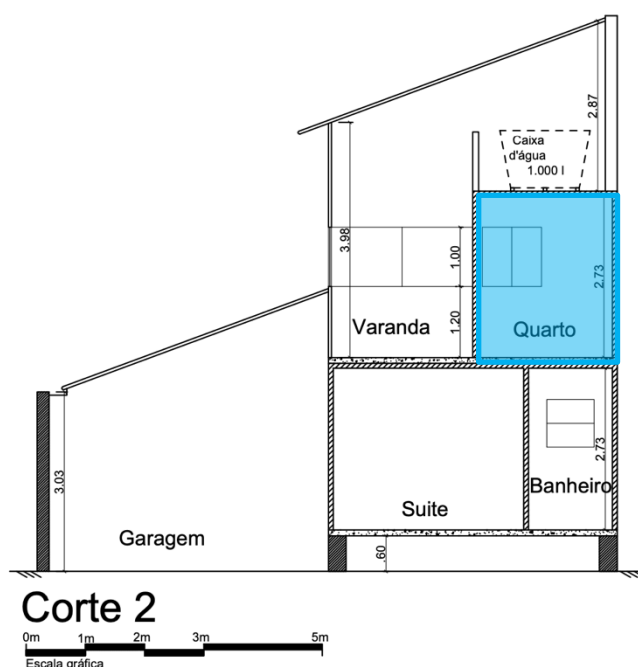
Planta 2º Pavimento



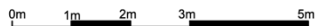
Escala gráfica

Imagem 6.8 – Corte quarto posterior casa Limeira (verão).

Fonte: Autor, 2022.



Corte 2



Escala gráfica

Conforme o Quadro 6.4 é possível observar que o cômodo não atende a nenhum requisito de desempenho térmico, chegando a temperatura a  $37,5^{\circ}\text{C}$  com uma diferença algébrica entre  $T_{i,\text{máx.}}$  e  $T_{e,\text{máx.}}$  de  $2,1^{\circ}\text{C}$ . Ainda conforme o Gráfico 6.4 fica claro que a temperatura interna fica acima da externa durante todo o dia, ficando com alguns graus abaixo somente nas horas mais quentes do dia.

Este quarto, mesmo sem receber grande insolação direta como o quarto frontal, chegou a ficar com temperaturas mais altas. Destaca-se que o quarto também recebe influência da varanda envidraçada e do átrio do telhado, somado ao uso ineficiente da janela que quase nunca era aberta, por se tratar de um quarto com pouco uso.

### 6.1.3 DESEMPENHO TÉRMICO DE INVERNO DO OBJETO DE ESTUDO DE LIMEIRA

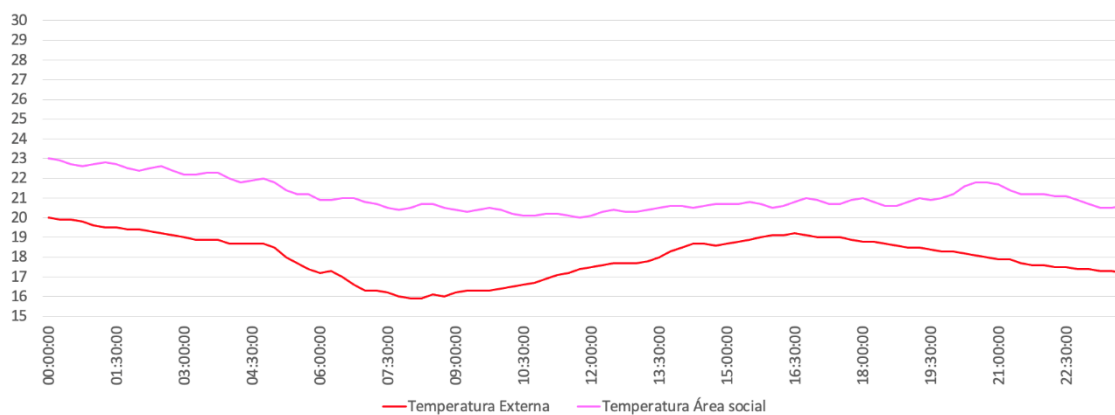
Dentro do período de coleta de inverno da casa em Limeira, o dia 28 de agosto de 2021 foi o que atingiu temperatura mínima do ar externo ( $T_{e,min.}$ ), com  $15,9^{\circ}\text{C}$ . Para uma boa visualização da diferença de temperatura externa e interna dos cômodos, apresenta-se a seguir gráficos para cada ambiente analisado.

#### 6.1.3.1 Área social

O Gráfico 6.5 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da área social para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.5 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para área social.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.6 é demonstrado os resultados obtidos para a área social, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.6 – Níveis de desempenho térmico da área social para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	20,0	15,9	$20,0 > 18,9$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	20,0	15,9	$20,0 < 20,9$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	20,0	15,9	$20,0 < 22,9$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Na sequência são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para melhor entendimento. Toda esta casa está encostada na divisa lateral direita (cota de 12,19m) e está disposta longitudinalmente ao norte. Ao lado do cômodo da área social existe a garagem coberta que faz sombreamento em toda a lateral esquerda da edificação, além da existência do segundo pavimento. Assim, o cômodo recebe insolação somente na parede da fachada, orientada para o norte.

Imagem 6.9 – Planta área social casa Limeira (inverno).

Fonte: Autor, 2022.

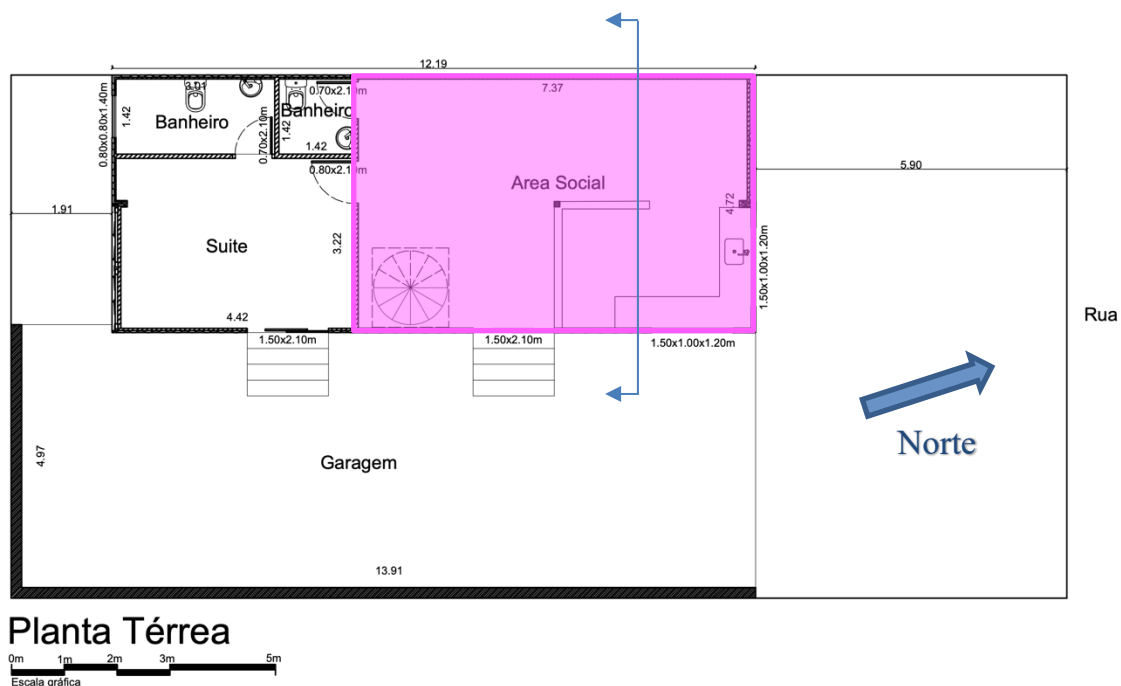
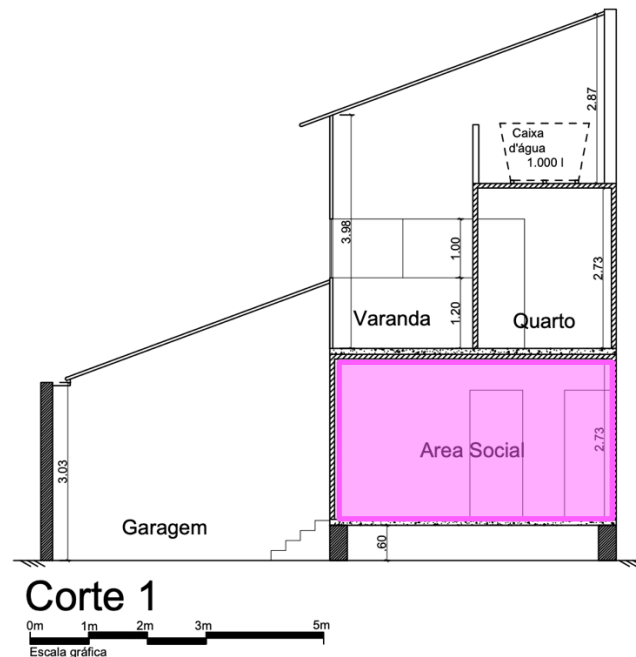


Imagem 6.10 – Corte área social casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.5 é possível observar que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante todo o período, porém com uma diferença de até  $4,1^{\circ}\text{C}$ , atingindo somente o requisito mínimo para desempenho de inverno. Tal fato ocorre pelas paredes externas terem sido construídas com um sistema leve e apresentarem pouca inércia térmica, auxiliando para que a temperatura interna seja perdida muito rapidamente para o exterior pela própria envoltória da edificação.

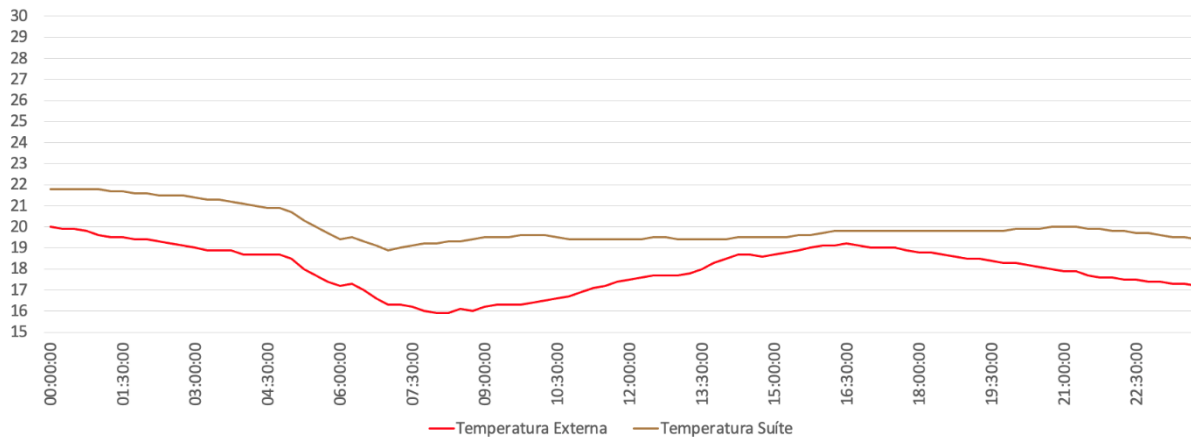
Conforme apresentado nos cálculos das propriedades térmicas, no item 6.1.1, as paredes externas não contêm boa inércia térmica, por serem feitas de materiais leves. Mesmo sua transmitância térmica de 0,88 não contribuiu no isolamento da temperatura interna para o atendimento dos requisitos intermediário e superior em período de inverno. Acredita-se a resistência térmica da parede seja insuficiente para a retenção da temperatura interna, já que as paredes externas (para o norte e para a garagem aberta) não contêm boa capacidade térmica, perdendo energia térmica com facilidade para o meio exterior.

### 6.1.3.2 *Suíte*

O Gráfico 6.6 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da suíte no térreo para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $19^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.6 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para suíte.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.7 são demonstrados os resultados obtidos para a suíte, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior. Nota-se pelo gráfico que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante todo o dia, porém com uma diferença de apenas 0,6°C às 16h30.

Quadro 6.7 – Níveis de desempenho térmico da suíte para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	19,0	15,9	$19,0 > 18,9$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	19,0	15,9	$19,0 < 20,9$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	19,0	15,9	$19,0 < 22,9$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Observando a suíte, nota-se que também é encostada em sua lateral direita no vizinho e em sua lateral esquerda pela varanda da garagem. A seguir a planta e corte do cômodo analisado, para melhor visualização.

Imagem 6.11 – Planta suíte térreo casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.

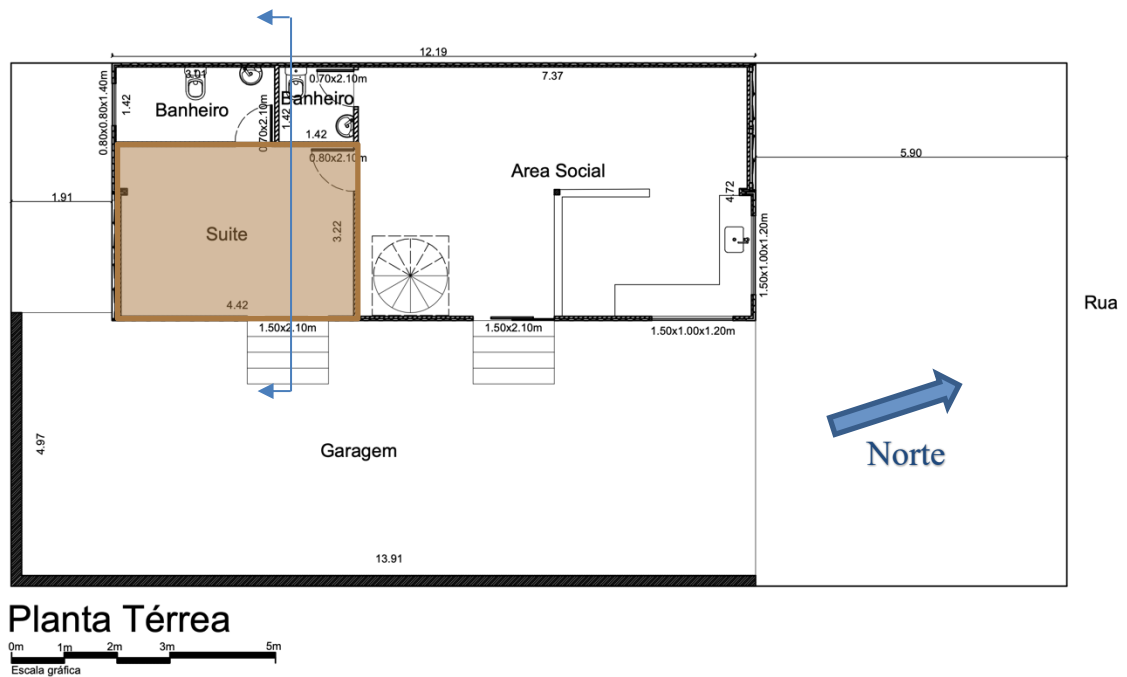
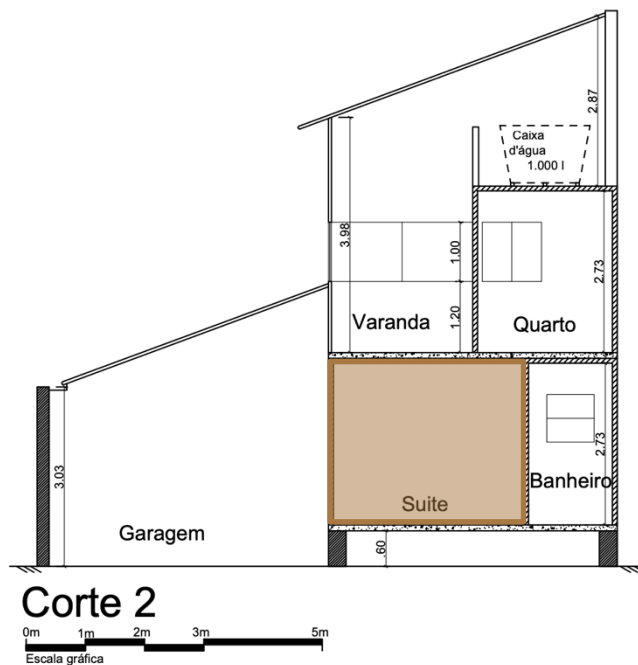


Imagem 6.12 – Corte suíte térreo casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



As paredes que fazem divisa com o ambiente externo (chapa de contêiner mais acabamento interno) são feitas da mesma forma que no cômodo anterior. Ou seja, não conseguindo isolar com eficiência a passagem de energia térmica para o exterior, deixando somente em  $0,6^{\circ}\text{C}$  a diferença entre  $T_{i,\text{min.}}$  e  $T_{e,\text{min.}}$ , não atingindo assim os requisitos

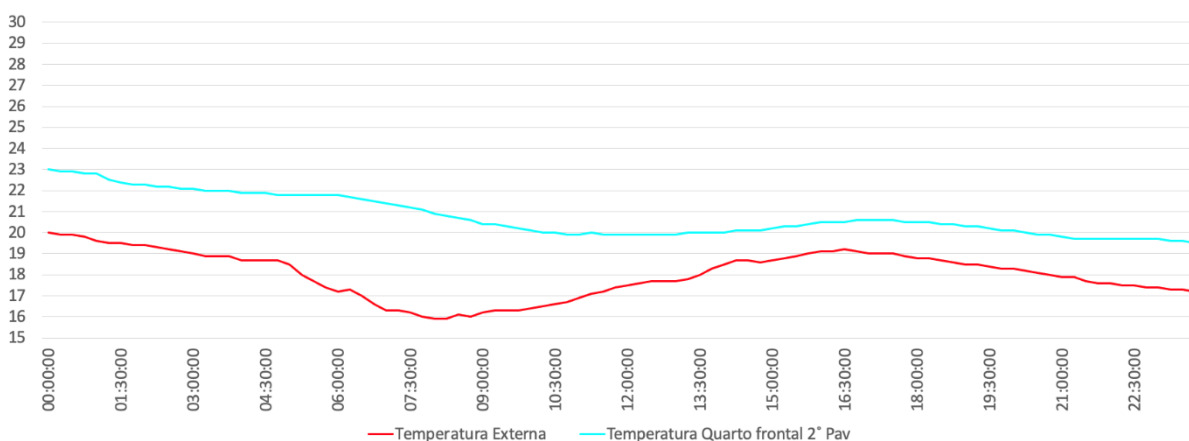
intermediário e superior. De acordo com os cálculos das propriedades térmicas, do item 6.1.1, as paredes externas, por serem feitas de materiais leves como do cômodo anterior, também não contêm boa inércia térmica, justificando o atendimento somente do requisito mínimo para o desempenho de inverno.

### 6.1.3.3 Quarto frontal

O Gráfico 6.7 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto frontal do segundo pavimento para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de 19,5°C.

Gráfico 6.7 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para quarto frontal.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.8 são demonstrados os resultados obtidos para a suíte, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.8 – Níveis de desempenho térmico do quarto frontal para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	19,5	15,9	$19,5 > 18,9$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	19,5	15,9	$19,5 < 20,9$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	19,5	15,9	$19,5 < 22,9$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.



Conforme a planta e corte a seguir, o quarto frontal fica encostado na divisa lateral direita com o vizinho, contém uma parede interna que divide com o closet e uma parede externa (da janela) voltada para o norte, além da existência da varanda (que é toda envidraçada) e átrio do telhado que forma um volume único de ar ao seu entorno.

Imagem 6.13 – Planta quarto frontal casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.

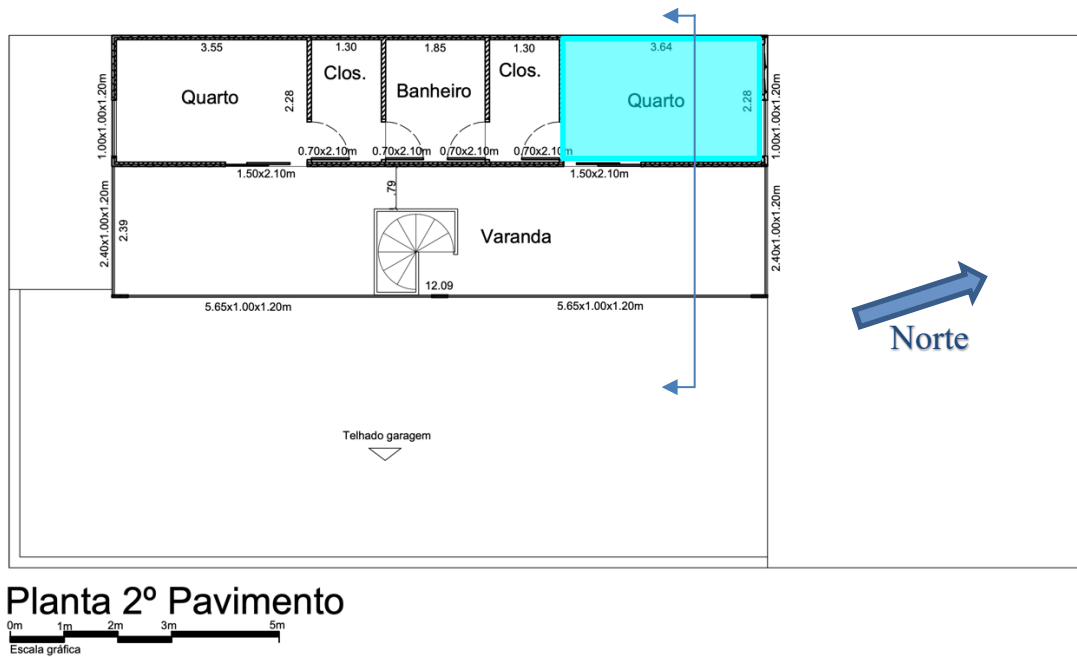
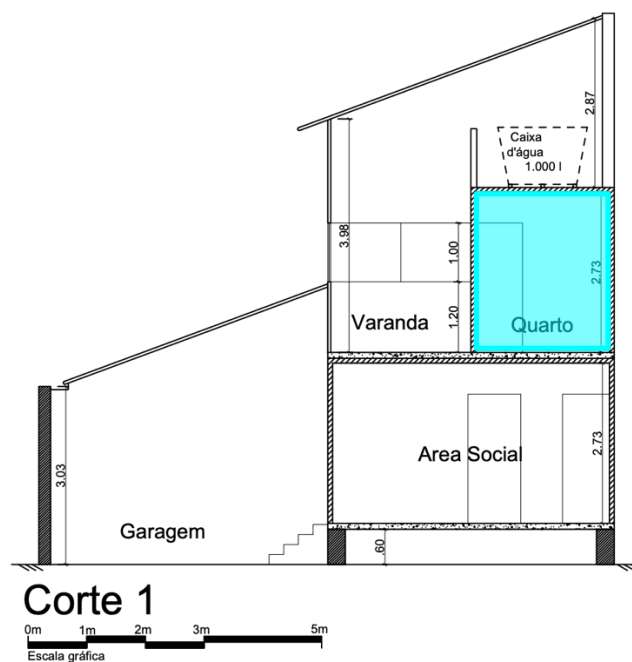


Imagem 6.14 – Corte quarto frontal casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



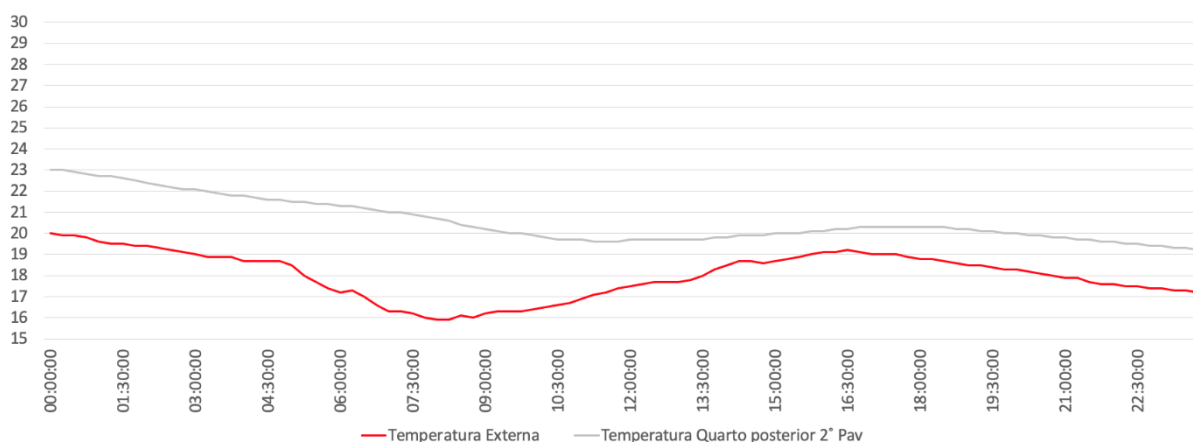
Observa-se no Gráfico 6.7 que a temperatura interna se mantém todo o dia maior que a temperatura externa. A diferença algébrica entre  $T_{i,min.}$  e  $T_{e,min.}$  é de  $3,6^{\circ}C$ . O não atendimento dos requisitos intermediário e superior nesse cômodo, como nos outros cômodos analisados, se deve à falta de uma envoltória que contenha boa inércia térmica, para evitar a perda de energia térmica para o exterior. Neste cômodo destaca-se, também, a existência da varanda envidraçada e com peitoril e paredes sem revestimento térmicos, além da cobertura do átrio com telhas cerâmicas que perdem temperatura interna para o externo, através de pequenas trocas de ar entre os encaixes das telhas.

#### 6.1.3.4 Quarto posterior

O Gráfico 6.8 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto frontal do segundo pavimento para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $19,2^{\circ}C$ .

Gráfico 6.8 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para quarto posterior.

Fonte: Autor, 2021



No Quadro 6.9 são demonstrados os resultados obtidos para a suíte, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.9 – Níveis de desempenho térmico do quarto posterior para condições de inverno.  
Fonte: Autor, 2021.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	19,2	15,9	$19,2 > 18,9$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	19,2	15,9	$19,2 < 20,9$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	19,2	15,9	$19,2 < 22,9$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do quarto posterior para melhor visualização. Nota-se que a sua disposição é muito semelhante ao do quarto frontal, contendo uma parede interna com o closet, uma parede interna com a varanda envidraçada e duas paredes externas (uma voltada para o vizinho e outra para o sul).

Imagem 6.15 – Planta quarto posterior casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.

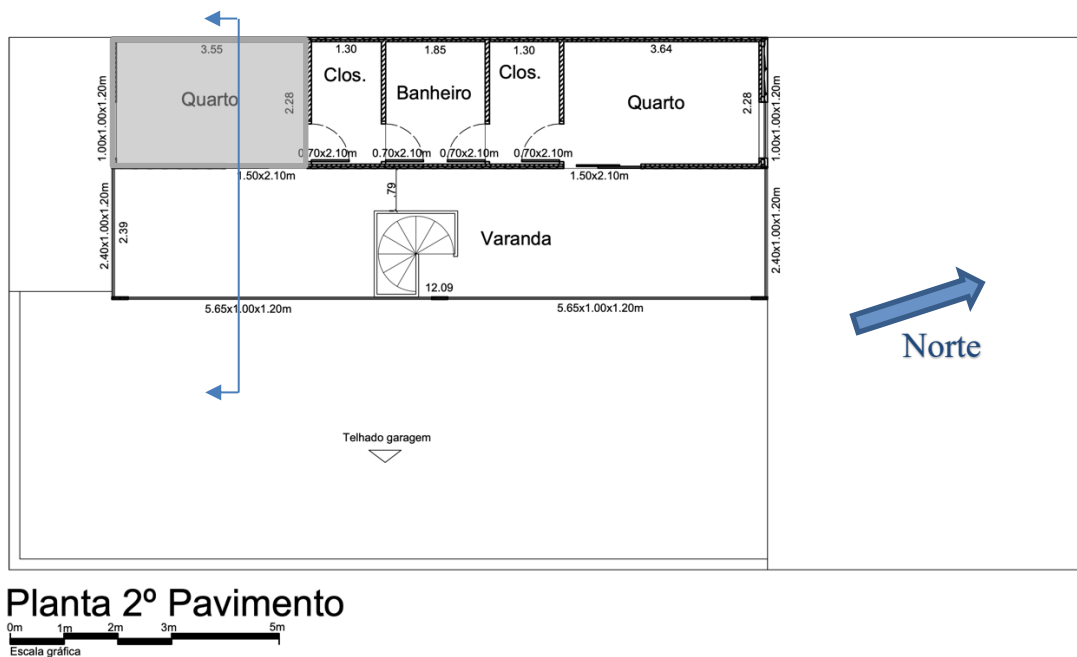
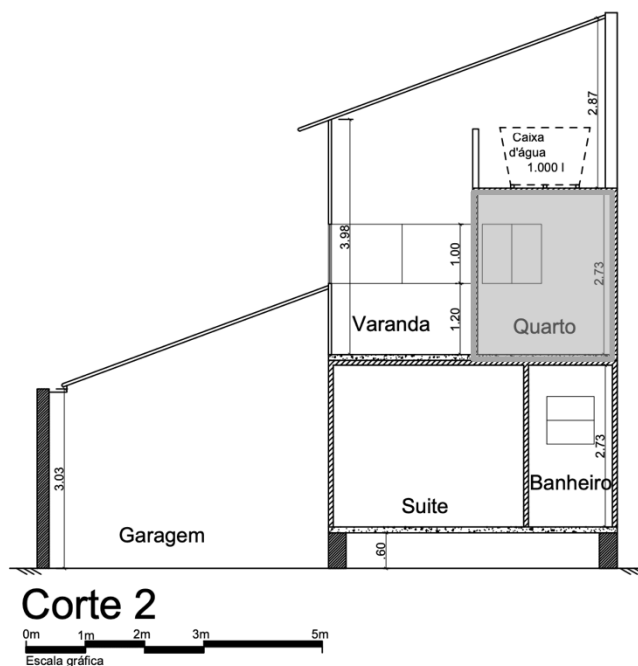


Imagem 6.16 – Corte quarto posterior casa Limeira (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Quadro 6.9 é possível observar que o cômodo mantém a temperatura interna maior que a externa durante todo o dia, porém com uma diferença de apenas  $1,3^{\circ}\text{C}$  as 17h. Destaca-se que este quarto, como o anterior, também recebe influência da varanda envidraçada e do átrio do telhado, que não contêm nenhum isolante com o ambiente externo. Como observado nos cálculos das propriedades térmicas, item 6.1.1, as paredes externas não contêm boa inércia térmica, por serem feitas de materiais leves, como em todos os outros cômodos da casa. Desta forma, a falta de isolamento, da varanda e átrio, aliada à baixa capacidade térmica da envoltória, este cômodo, como o anterior, não conseguiram atingir os requisitos intermediário e superior para o período de inverno.

## 6.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA CASA DE JABOTICABAL

### 6.2.1 PROPRIEDADES TÉRMICAS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS DA CASA DE JABOTICABAL

Como dito no item 6.1.1, as paredes são feitas em aço *corten* que é um material de alta condutibilidade térmica, fazendo com que a energia térmica acumulada no exterior seja transferida com facilidade para dentro do cômodo. O aço tem condutividade térmica de  $55 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , enquanto a parede de alvenaria, entre  $0,70$  e  $1,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (ABNT, 2005), ou seja, o aço conduz a energia térmica com muito mais facilidade que a alvenaria. O estudo de caso de Jaboticabal-SP é uma residência que não teve a instalação de materiais isolantes, internamente ou externamente, para a proteção das paredes e teto.

A seguir é demonstrado um cálculo para a identificação de propriedades térmicas das paredes externas e da cobertura do estudo de Jaboticabal, juntamente com os quadros dos resultados de transmitância térmica e capacidade térmica. Destaca-se que as paredes externas e o teto são as vedações que fazem divisa entre meio interno e externo, sendo essa envoltória composta somente de uma chapa do contêiner em aço *corten* de 3mm de espessura.

Para o cálculo de transmitância térmica (U) é necessário ser calculada a resistência térmica (R):

$$R_T = e/\lambda = e_a/\lambda_a \quad [12]$$

Onde,  $e$  é a espessura do material e  $\lambda$  é a condutividade térmica, sendo “a” para a chapa do aço do contêiner.

$$R_T = 0,003/55 = 5,45 \times 10^{-05} \text{ m}^2.k/W \quad [13]$$

Com as resistências totais, é possível determinar a transmitância térmica (U) que é inversamente proporcional a resistência térmica (R):

$$U = 1/R_T = 1/5,45 \times 10^{-05} = 18,33 \text{ W/m}^2.K \quad [14]$$

Para a capacidade térmica é dada a seguinte fórmula, com somatória para cada camada da envoltória (no caso somente a chapa do aço *corten*):

$$C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad [15]$$

Onde  $e$  é a espessura do material,  $c$  é o calor específico e  $\rho$  é a densidade de massa aparente.

$$C_T = (0,003 \cdot 7800 \cdot 0,46) = 10,76 \text{ kJ/m}^2.K \quad [16]$$

No quadro a seguir são demonstrados os critérios e resultados para a transmitância térmica (U) e capacidade térmica (C) das paredes externas.

Quadro 6.10 – Requisitos e resultados de transmitância e capacidade térmica das paredes e teto da casa de Jaboticabal-SP.

Fonte: Autor, 2022.

<b>Transmitância térmica - U (W/m<sup>2</sup>.k)</b>				
Zona	$\alpha$	Critério	Resultados	
4	> 0,6	$\leq 2,5$	U = 18,33	Não atende
<b>Capacidade térmica - C (kJ/m<sup>2</sup>.k)</b>				
Zona	Critério		Resultados	
4	$\geq 130$		C = 10,76	Não atende

Observando o Quadro 6.10 é possível verificar que as paredes externas não atendem aos requisitos conforme a NBR 15575-4 (ABNT, 2013). O aço tem alta condutibilidade térmica e não foi instalado nenhum material isolante para melhorar a resistência térmica da envoltória. Para a capacidade térmica (C) o mínimo deveria ser 130 kJ, porém a parede atingiu somente 10,76 kJ, por se tratar de um sistema construtivo leve, que tem baixa inércia térmica, além de não conter um sistema de isolantes para compensar a baixa capacidade térmica.

Conforme os cálculos desenvolvidos pode-se dizer que as paredes não apresentaram nenhum desempenho para o controle térmico da casa no período de verão e inverno, por não conter nenhum sistema projetado e instalado para o isolamento da envoltória. Desta forma, os valores de transmitância térmica e capacidade térmica demonstram que o sistema construtivo em contêineres necessita da especificação de materiais que garantam o retardo do ganho de energia térmica (do exterior) no verão e perda dela (no interior) no inverno.

## **6.2.2 DESEMPENHO TÉRMICO DE VERÃO DO OBJETO DE ESTUDO DE JABOTICABAL**

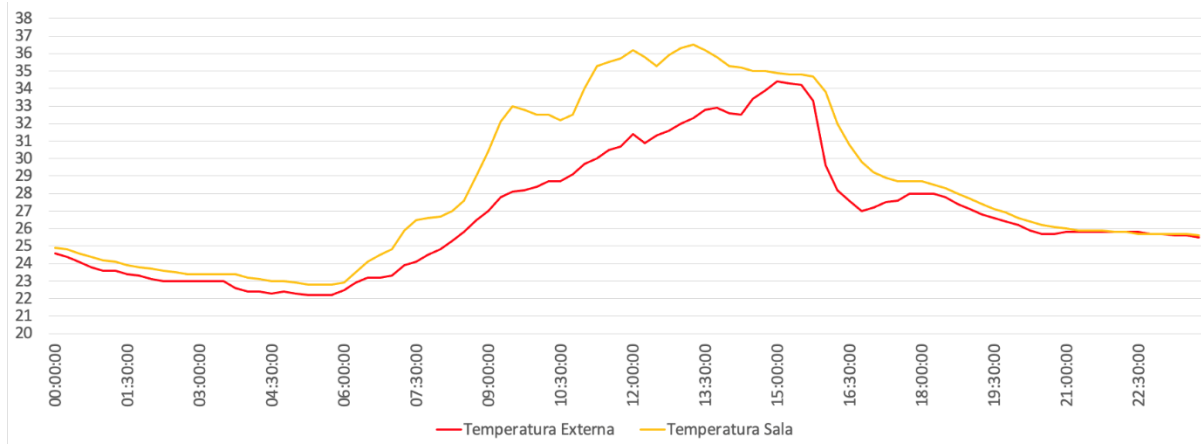
Dentro do período de coleta de verão da casa em Jaboticabal, o dia 12 de dezembro de 2021 foi o que atingiu temperatura máxima do ar externo ( $T_{e,máx}$ ), com 34,4°C. Para uma boa visualização da diferença de temperatura externa e interna dos cômodos, apresenta-se a seguir gráficos para cada ambiente.

### **6.2.2.1 Sala**

O Gráfico 6.9 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da sala para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos 36,5°C.

Gráfico 6.9 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para a sala.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.11 são demonstrados os resultados obtidos para a sala, notando que o cômodo não atende aos requisitos de desempenho térmico.

Quadro 6.11 – Níveis de desempenho térmico da sala para condições de verão.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	36,5	34,4	$36,5 > 34,4$	Não Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	36,5	34,4	$36,5 > 32,4$	Não Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	36,5	34,4	$36,5 > 30,4$	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para melhor entendimento. Ressalta-se que a casa contém duas metades de um módulo espaçadas entre eles no térreo, com um outro módulo na transversal no segundo pavimento. O cômodo em análise é totalmente inserido dentro de uma metade de contêiner no térreo.

Imagem 6.17 – Planta sala casa Jaboticabal (verão).

Fonte: Autor, 2022.

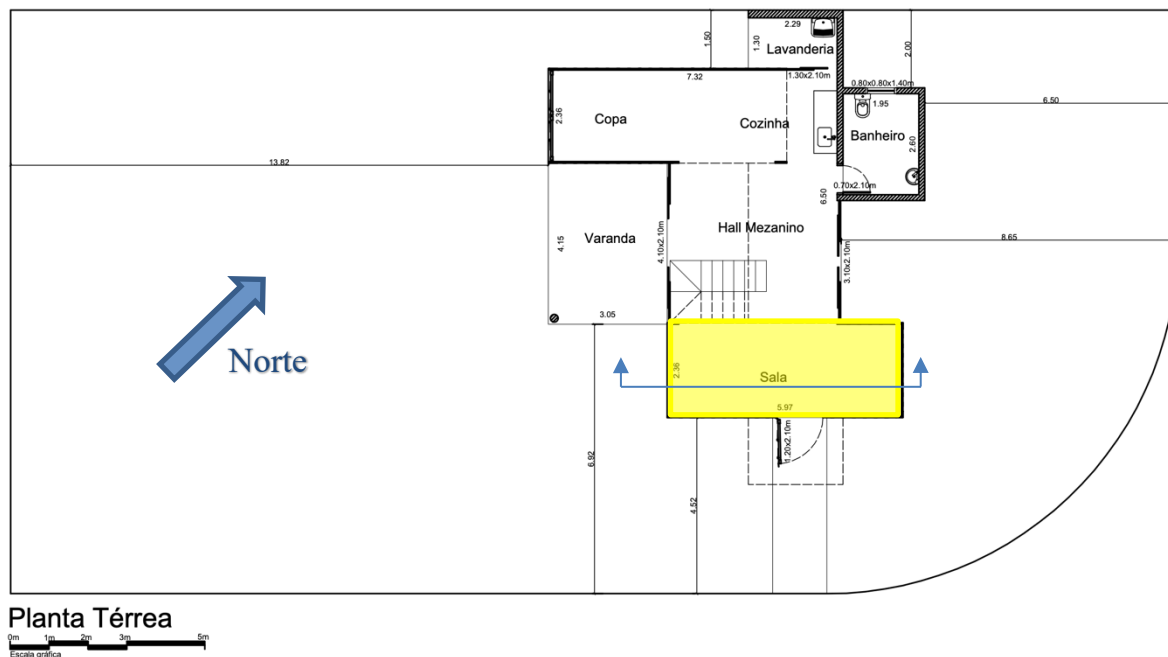
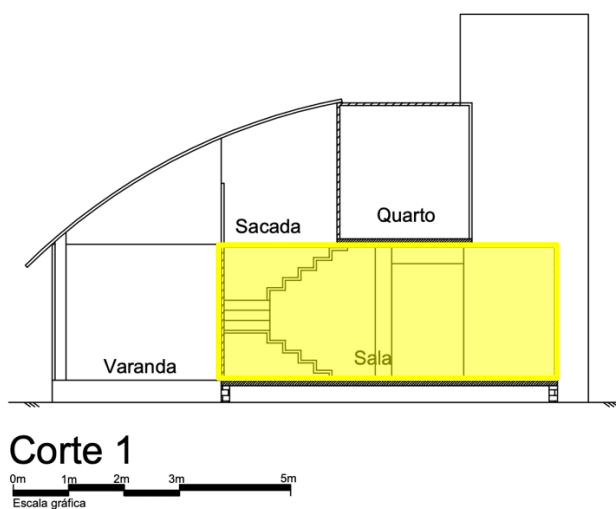


Imagem 6.18 – Corte sala casa Jaboticabal (verão).

Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.9, nota-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante todo o dia, ficando equivalente ou pouco abaixo somente no fim do dia entre as 22h e 23h, demonstrando que a radiação solar, nos horários mais quentes do dia, interferiu diretamente no aumento da temperatura.

O cômodo da sala, conforme o Quadro 6.11, não obteve desempenho para nenhum requisito em período de verão, com uma diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$  de apenas 2,1°C. Tal fato ocorre pela falta de uma envoltória que consiga barrar de forma ainda mais



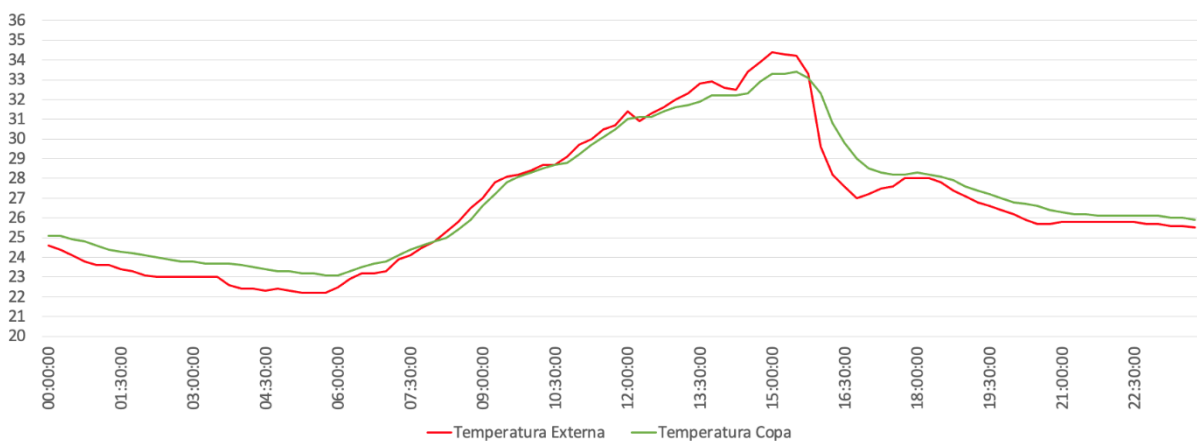
eficiente a energia térmica recebida do meio externo, pela falta de materiais isolantes nas paredes e teto. Conforme apresentado nos cálculos das propriedades térmicas, no item 6.2.1, as paredes externas e o teto não contêm boa inércia térmica, por serem exclusivamente de aço *corten*, que contêm alta transmitância térmica. Desta forma a temperatura interna se eleva muito rapidamente e deixa o ambiente mais quente que o exterior, somado ao mal uso das esquadrias, que sempre ficam fechadas, não auxiliando na ventilação natural.

### 6.2.2.2 Copa

O Gráfico 6.10 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da copa para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos 33,4°C.

Gráfico 6.10 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para a copa.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.12 são demonstrados os resultados obtidos para a copa, notando que o cômodo atende somente ao requisito mínimo, não atendendo aos requisitos intermediário e superior.

Quadro 6.12 – Níveis de desempenho térmico da copa para condições de verão.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	Ti,máx. ≤ Te,máx.	33,4	34,4	33,4 < 34,4	Atende
I	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 2° C)	33,4	34,4	33,4 > 32,4	Não Atende
S	Ti,máx. ≤ (Te,máx. - 4° C)	33,4	34,4	33,4 > 30,4	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, auxiliando na compreensão dos resultados. A copa está toda inserida dentro de uma metade do módulo do térreo, sem nenhum módulo acima dela no segundo pavimento.

Imagem 6.19 – Planta copa casa Jaboticabal (verão).  
Fonte: Autor, 2022.

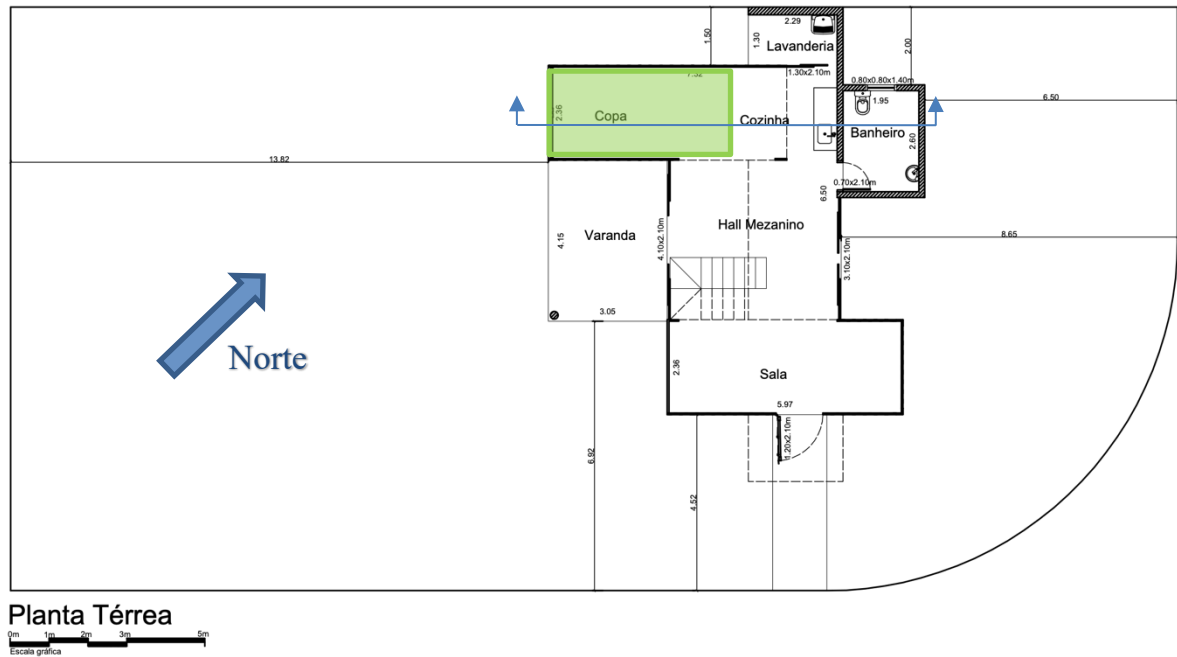
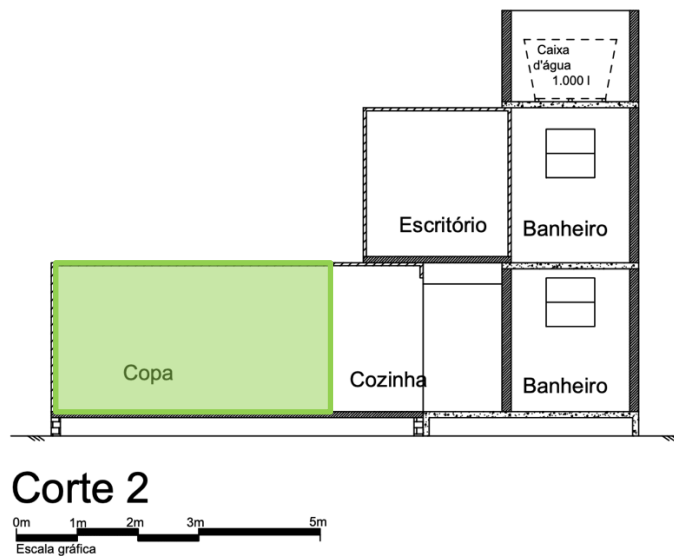


Imagem 6.20 – Corte copa casa Jaboticabal (verão).  
Fonte: Autor, 2022.



A partir do Gráfico 6.10, observa-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante as primeiras horas do dia e depois das 16h, enquanto nas horas mais quentes do dia a temperatura externa fica superior a interna. A copa, conforme o Quadro 6.12, não obteve

desempenho para os requisitos intermediário e superior em período de verão, com uma diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$  de apenas  $1^{\circ}\text{C}$ . Mesmo com a pouca diferença entre a temperatura externa e interna e a inexistência de revestimentos isolantes, o cômodo atingiu o requisito mínimo. Tal fato ocorreu pela existência de grande quantidade de vegetação (árvores e arbustos) no corredor lateral externo, sombreando o sol do norte e de fim de tarde, o que demonstra que esta pode ser uma estratégia interessante para contribuir com o conforto em construções de contêineres, independentemente do tratamento das vedações.

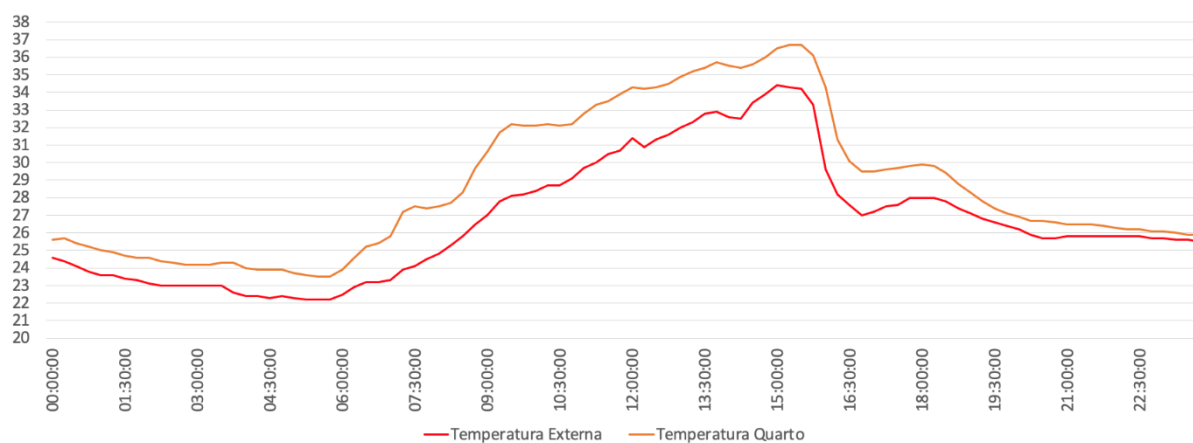
Conforme apresentado nos cálculos das propriedades térmicas, no item 6.2.1, e já comentado anteriormente, as paredes externas e o teto não contêm boa inércia térmica e contêm alta transmitância térmica. Assim, a temperatura interna se eleva rapidamente, só conseguindo atingir o requisito mínimo de verão no cômodo pela ajuda da vegetação externa, e não pela capacidade de isolamento da envoltória.

### 6.2.2.3 Quarto

O Gráfico 6.11 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos  $36,7^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.11 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para o quarto.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.13 são demonstrados os resultados obtidos para o quarto, notando que o cômodo não atende aos requisitos de desempenho térmico.

Quadro 6.13 – Níveis de desempenho térmico do quarto para condições de verão.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	36,7	34,4	$36,7 > 34,4$	Não Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	36,7	34,4	$36,7 > 32,4$	Não Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	36,7	34,4	$36,7 > 30,4$	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

As imagens a seguir são apresentados os desenhos para auxílio na visualização do cômodo analisado. O quarto fica no segundo pavimento ocupando metade do contêiner de 40 pés.

Imagem 6.21 – Planta quarto casa Jaboticabal (verão).

Fonte: Autor, 2022.

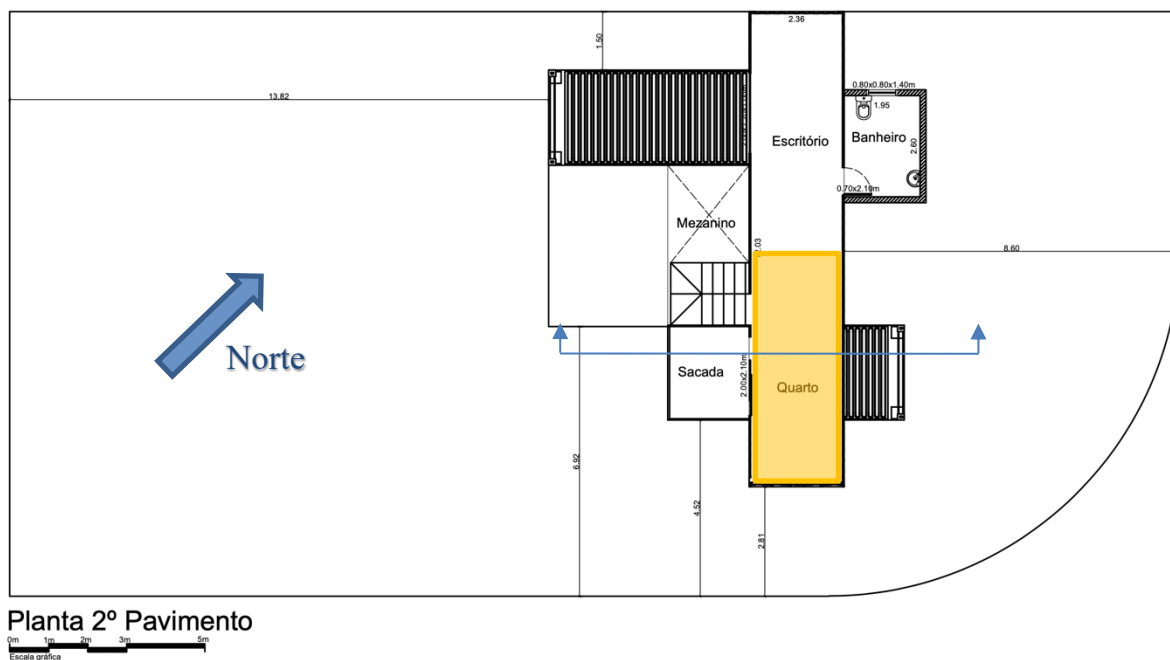
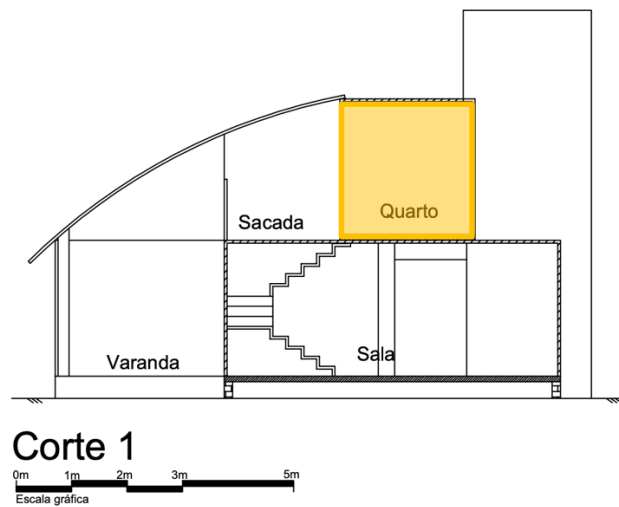


Imagem 6.22 – Corte quarto casa Jaboticabal (verão).  
Fonte: Autor, 2022.



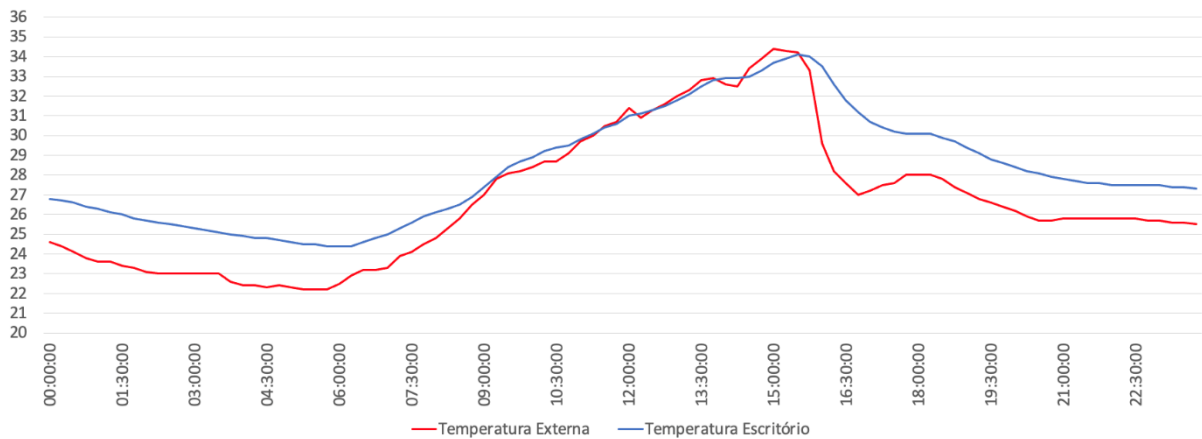
A partir do Gráfico 6.11, nota-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante todo o dia e à noite, e conforme o Quadro 6.13, não obteve desempenho para os três requisitos em período de verão, obtendo uma diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$  de até  $2,3^{\circ}\text{C}$ . Como já constatado no item 6.2.1, as paredes externas e o teto não contêm boa inércia térmica e contêm alta transmitância térmica, ficando clara a falta de uma preocupação com o uso de revestimento isolante, principalmente neste cômodo que fica em um contêiner totalmente desprotegido no segundo pavimento.

#### 6.2.2.4 Escritório

O Gráfico 6.12 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da copa para um dia típico de verão, chegando o ar interno aos  $34,1^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.12 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de verão para o escritório.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.14 são demonstrados os resultados obtidos para o escritório, notando que o cômodo atende somente ao requisito mínimo, não atendendo aos requisitos intermediário e superior.

Quadro 6.14 – Níveis de desempenho térmico do escritório para condições de verão.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)	Resultados	
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	34,1	34,4	$34,1 < 34,4$	Atende
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^\circ \text{C})$	34,1	34,4	$34,1 > 32,4$	Não Atende
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^\circ \text{C})$	34,1	34,4	$34,1 > 30,4$	Não Atende

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para auxílio na visualização. O escritório ocupa a outra metade do contêiner do segundo pavimento.

Imagem 6.23 – Planta escritório casa Jaboticabal (verão).  
Fonte: Autor, 2022.

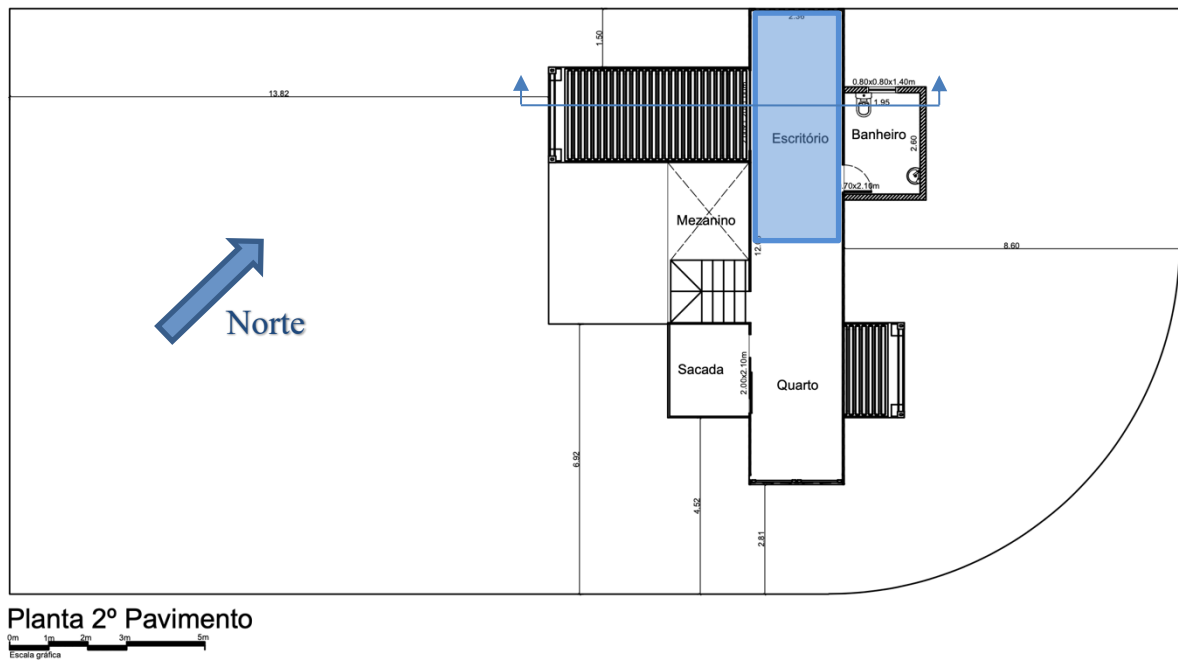
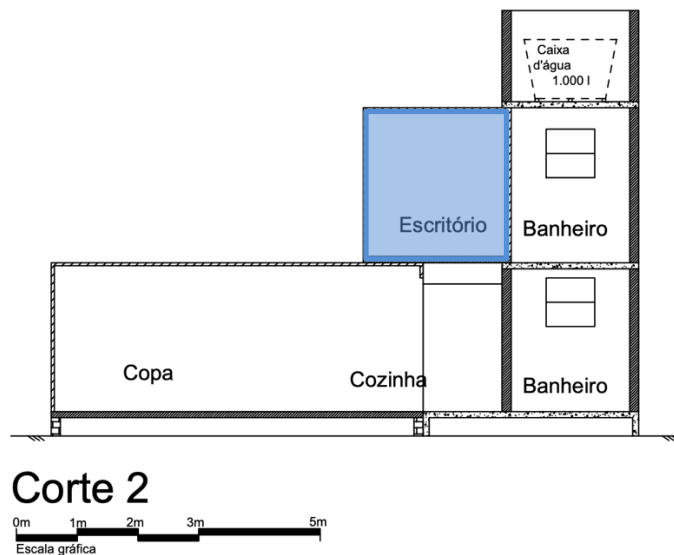


Imagem 6.24 – Corte escritório casa Jaboticabal (verão).  
Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.12, observa-se pelo gráfico que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante quase todo o dia, ficando equivalente ou abaixo em poucos momentos entre as 11h30 e 15h30. Conforme o Quadro 6.14, o cômodo obteve desempenho para somente o requisito mínimo em período de verão, com uma diferença algébrica entre  $T_{e,máx.}$  e  $T_{i,máx.}$  de  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

Como na envoltória a capacidade térmica é baixíssima e a transmitância térmica altíssima, fica claro que o cômodo não obteria desempenho para o período de verão. Porém, por um pouco período de tempo a temperatura interna ficou abaixo que a externa, garantindo o requisito mínimo, por uma simples análise numérica; mas em uma análise da trajetória do gráfico, é demonstrado que o cômodo não alcança os requisitos de conforto em períodos de verão, pois a temperatura interna na maioria das horas está mais alta que a externa.

### 6.2.3 DESEMPENHO TÉRMICO DE INVERNO DO OBJETO DE ESTUDO DE JABOTICABAL

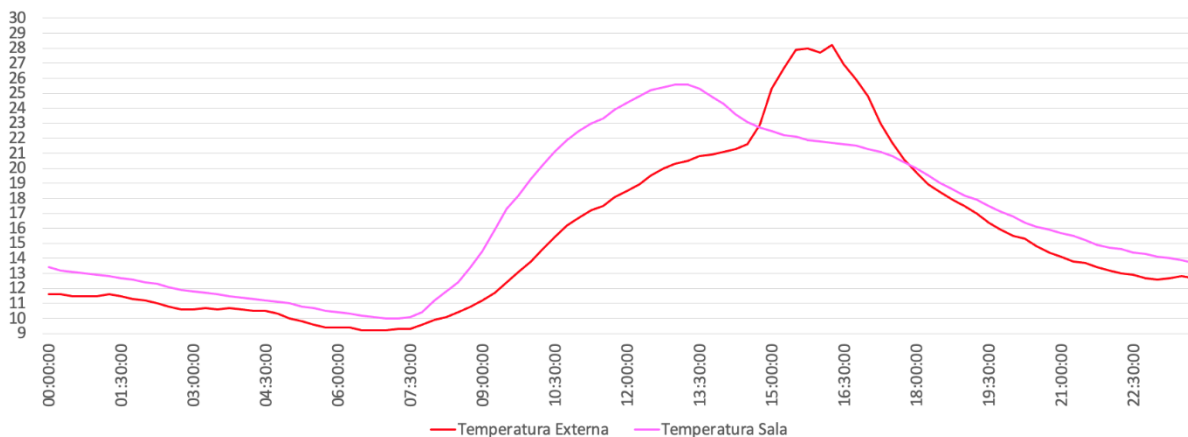
Dentro do período de coleta de inverno da casa em Jaboticabal, o dia 13 de junho de 2022 foi o que atingiu temperatura mínima do ar externo ( $T_{e,min.}$ ), com  $9,20^{\circ}\text{C}$ . Para uma boa visualização da diferença de temperatura externa e interna dos cômodos, apresenta-se a seguir gráficos para cada ambiente analisado.

#### 6.2.3.1 Sala

O Gráfico 6.13 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da sala para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $10^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.13 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para a sala.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.15 são demonstrados os resultados obtidos para a sala, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.



Quadro 6.15 – Níveis de desempenho térmico da sala para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	10,0	9,20	$10,0 > 9,20$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	10,0	9,20	$10,0 < 14,2$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	10,0	9,20	$10,0 < 16,2$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para o melhor entendimento. A sala é totalmente inserida dentro de uma metade de contêiner no térreo.

Imagem 6.25 – Planta sala casa Jaboticabal (inverno).

Fonte: Autor, 2022.

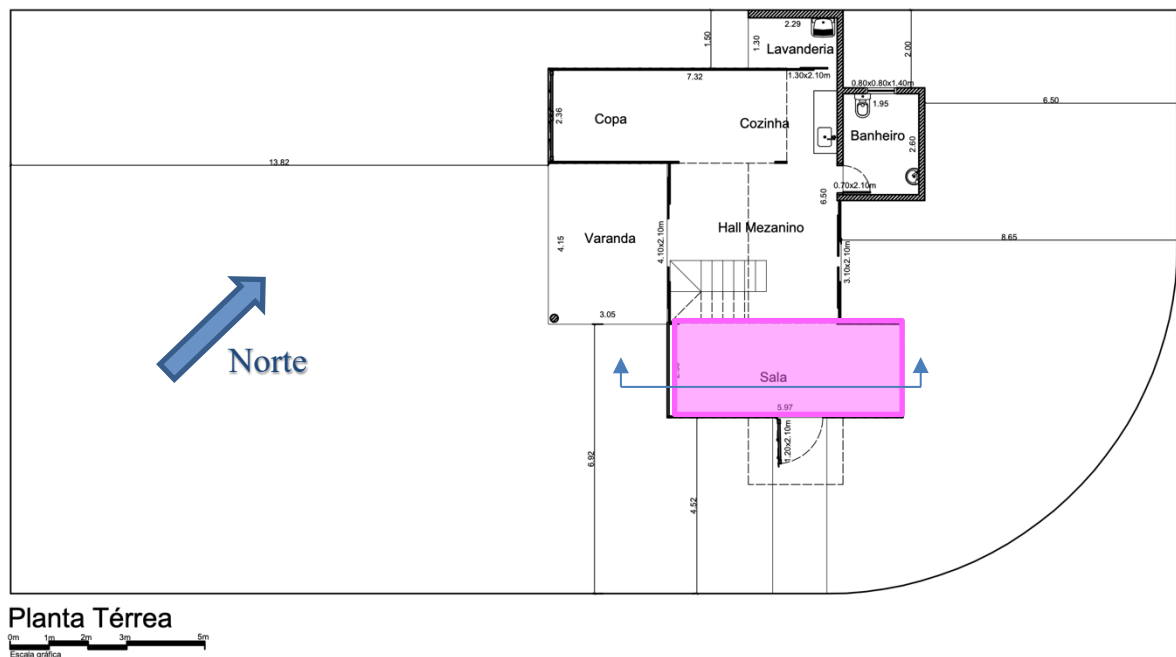
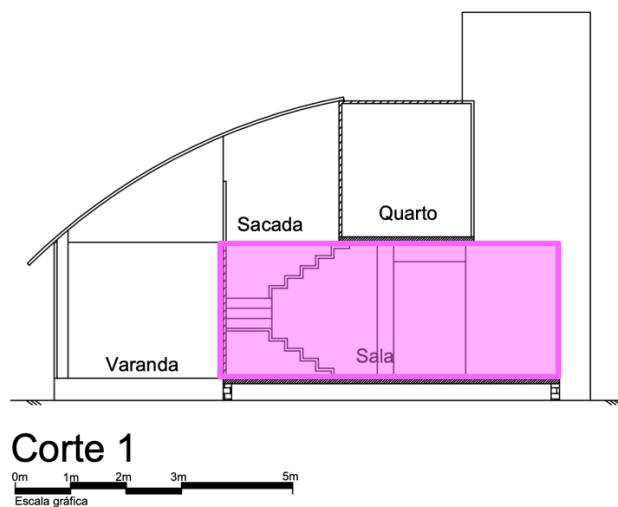


Imagem 6.26 – Corte sala casa Jaboticabal (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.13, nota-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante quase todo o dia, ficando abaixo somente entre as 15h e 18h com um pico de aumento da temperatura externa. Observando o Quadro 6.15, a sala não obteve desempenho para os requisitos intermediário e superior em período de inverno, com uma diferença algébrica entre  $T_{i,min.}$  e  $T_{e,min.}$  de apenas  $0,8^{\circ}C$ . Tal fato ocorre pela falta de uma envoltória com boa inércia térmica e isolamento, para que consiga segurar a temperatura interna mais estável.

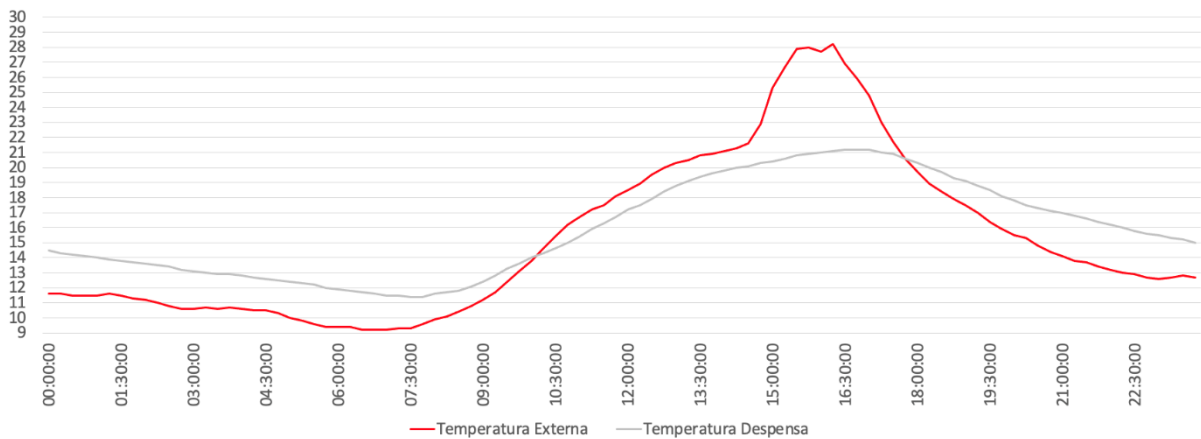
Conforme apresentado nos cálculos das propriedades térmicas, no item 6.2.1, as paredes externas e o teto não contêm boa inércia térmica, por serem feitas de aço *corten*, com uma alta transmitância térmica. Assim, a temperatura interna varia muito rapidamente acompanhando a temperatura externa, ou seja, em dias mais frios, o ambiente interno fica muito frio.

### 6.2.3.2 *Copa*

O Gráfico 6.14 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno da copa para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $11,4^{\circ}C$ .

Gráfico 6.14 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para a copa.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.16 são demonstrados os resultados obtidos para a copa, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.16 – Níveis de desempenho térmico da copa para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	11,4	9,20	$11,4 > 9,20$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	11,4	9,20	$11,4 < 14,2$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	11,4	9,20	$11,4 < 16,2$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são apresentados os desenhos de planta e corte do cômodo em análise, auxiliando na compreensão dos resultados. A copa está toda inserida dentro de uma metade do módulo do térreo, sem nenhum módulo acima dela no segundo pavimento.

Imagem 6.27 – Planta copa casa Jaboticabal (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.

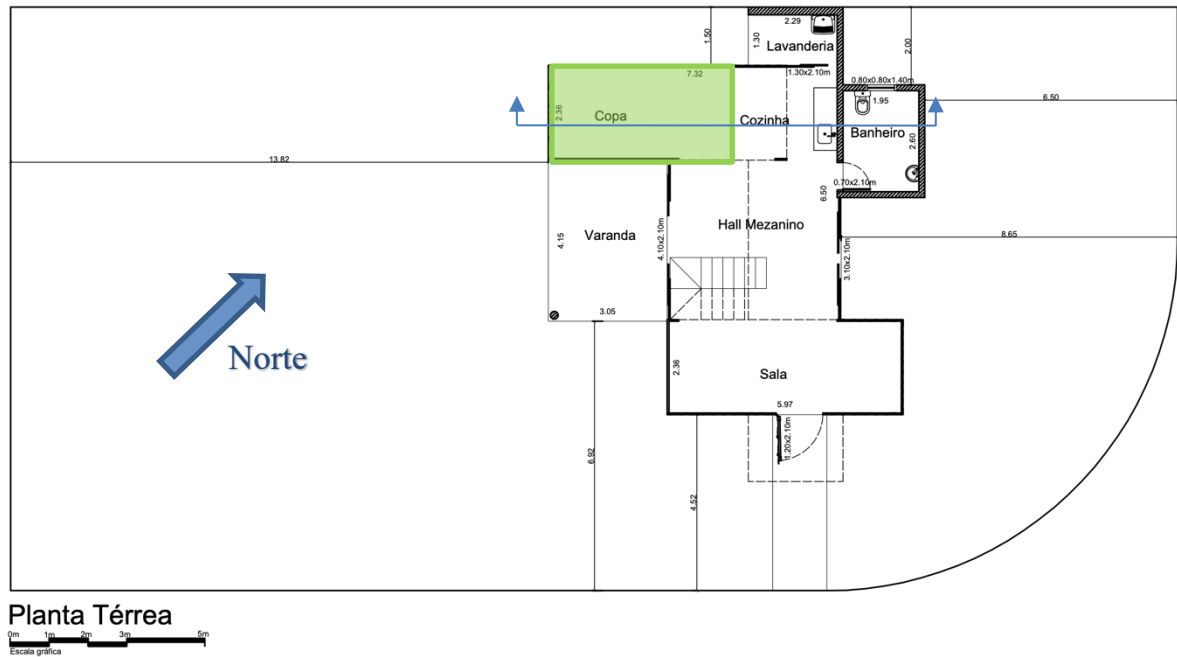
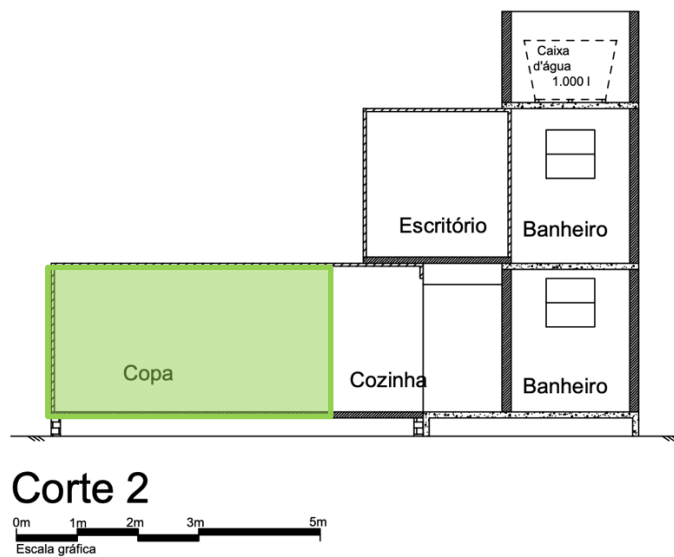


Imagem 6.28 – Corte copa casa Jaboticabal (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



A partir do Gráfico 6.14, observa-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante as primeiras horas do dia com pouca insola o, ficando com temperatura interna abaixo da externa entre as 9h45 e 18h. A copa, conforme o Quadro 6.16, não obteve desempenho para os requisitos intermediário e superior em período de inverno, com uma diferença algébrica entre  $T_{i,min}$  e  $T_{e,min}$  de  $2,2^{\circ}\text{C}$ .

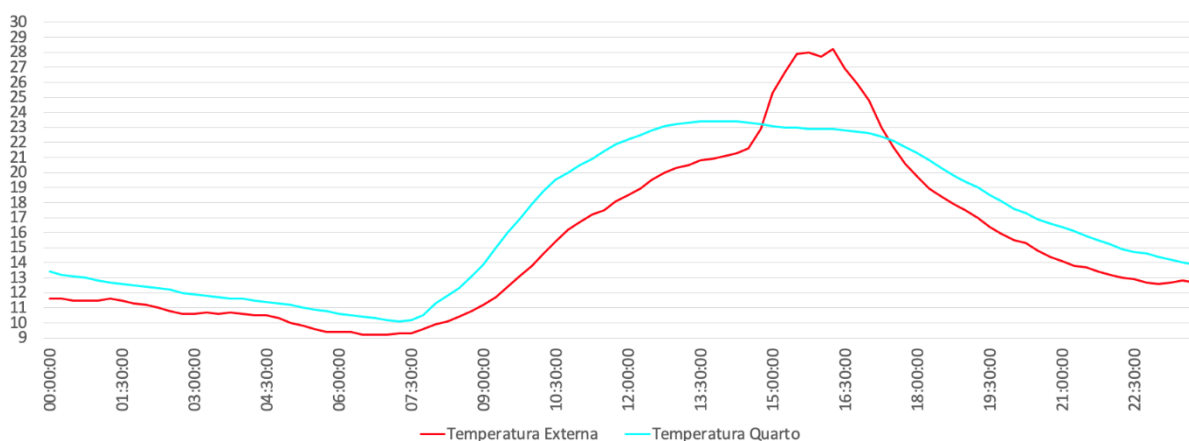
Como já comentado, as paredes externas e o teto não contêm boa inércia térmica e contêm alta transmitância térmica. Assim, a temperatura interna se mantém instável acompanhando a temperatura externa, só conseguindo atingir o requisito mínimo de inverno no cômodo por poucas horas no dia.

### 6.2.3.3 Quarto

O Gráfico 6.15 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do quarto para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de 10,1°C.

Gráfico 6.15 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para o quarto.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.17 são demonstrados os resultados obtidos para o quarto, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.17 – Níveis de desempenho térmico do quarto para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	Ti,mín. (°C)	Te,mín. (°C)	Resultados	
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^\circ \text{C})$	10,1	9,20	$10,1 > 9,20$	Atende
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^\circ \text{C})$	10,1	9,20	$10,1 < 14,2$	Não Atende
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^\circ \text{C})$	10,1	9,20	$10,1 < 16,2$	Não Atende

Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

As imagens a seguir são apresentados os desenhos para auxílio na visualização do cômodo analisado. O quarto fica no segundo pavimento ocupando metade do contêiner de 40 pés.

Imagem 6.29 – Planta quarto casa Jaboticabal (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.

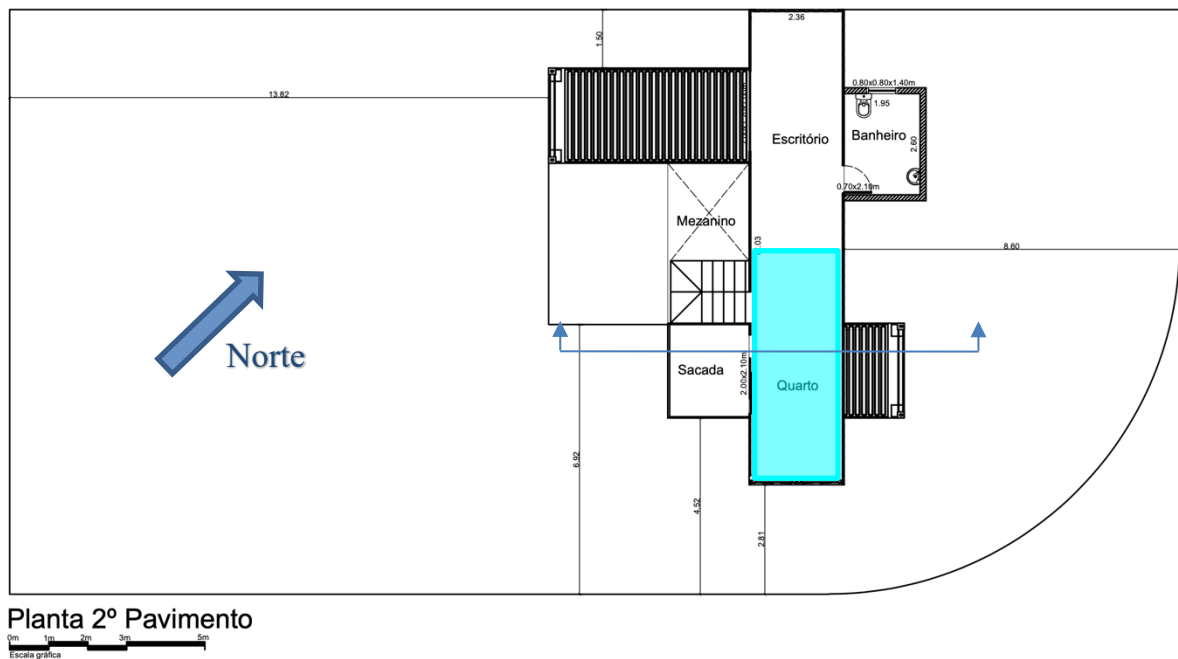
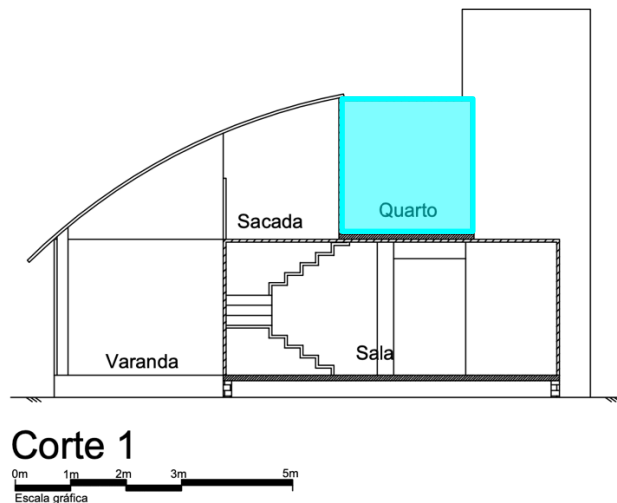


Imagem 6.30 – Corte quarto casa Jaboticabal (inverno).  
Fonte: Autor, 2022.



A partir do Gráfico 6.15, nota-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante quase todo o dia, ficando abaixo somente entre as 15h e 18h com um pico de aumento da temperatura externa, e conforme o Quadro 6.17, obteve desempenho somente para

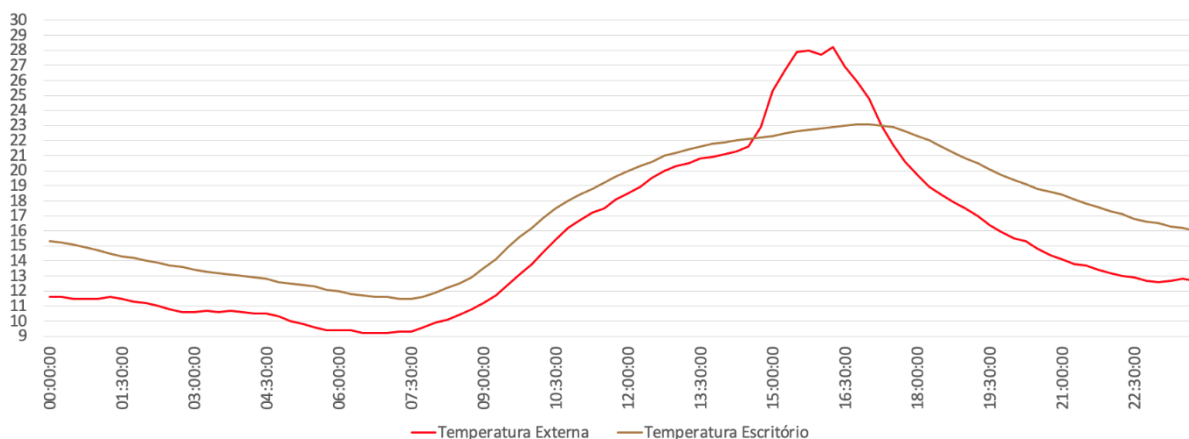
o requisito mínimo em período de inverno, obtendo uma diferença algébrica entre  $T_{i,min.}$  e  $T_{e,min.}$  de somente  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Como já comentado, a intervenção no cômodo necessitaria de uma especificação de materiais isolantes, pois a envoltória inércia térmica e contém alta transmitância térmica e baixa capacidade térmica.

#### 6.2.3.4 Escritório

O Gráfico 6.16 apresenta a diferença de temperatura do ar externo e do ar interno do escritório para um dia típico de inverno, chegando o ar interno a mínima de  $11,5^{\circ}\text{C}$ .

Gráfico 6.16 – Comparativo de temperaturas de ar em dia típico de inverno para o escritório.

Fonte: Autor, 2022



No Quadro 6.18 são demonstrados os resultados obtidos para o escritório, notando que o cômodo atende apenas ao requisito mínimo, não conseguindo atender os níveis médio e superior.

Quadro 6.18 – Níveis de desempenho térmico do escritório para condições de inverno.

Fonte: Autor, 2022.

Nível de desempenho	Zona 4	$T_{i,min.}$ (°C)	$T_{e,min.}$ (°C)	Resultados	
M	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 3^{\circ}\text{C})$	11,5	9,20	$11,5 > 9,20$	Atende
I	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 5^{\circ}\text{C})$	11,5	9,20	$11,5 < 14,2$	Não Atende
S	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 7^{\circ}\text{C})$	11,5	9,20	$11,5 < 16,2$	Não Atende

$T_{i,min.}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.  
 $T_{e,min.}$  é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.  
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

A seguir são desenhos de planta e corte do cômodo em análise, para auxílio na visualização. O escritório ocupa a outra metade do contêiner do segundo pavimento.

Imagem 6.31 – Planta escritório casa Jaboticabal (inverno).  
 Fonte: Autor, 2022.

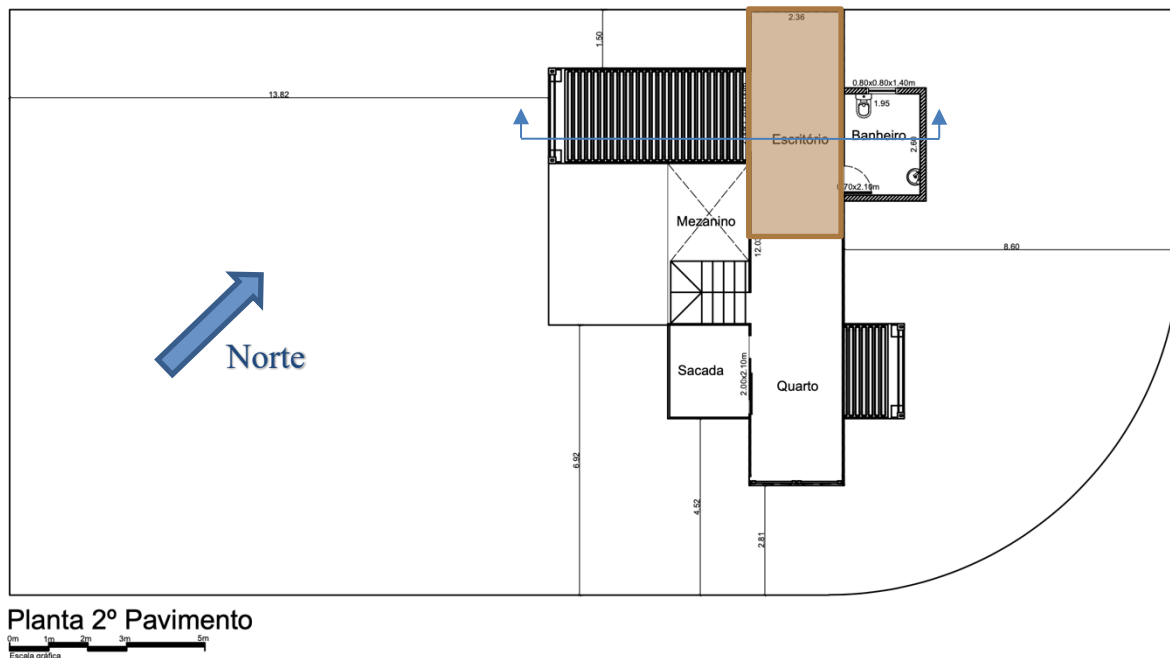
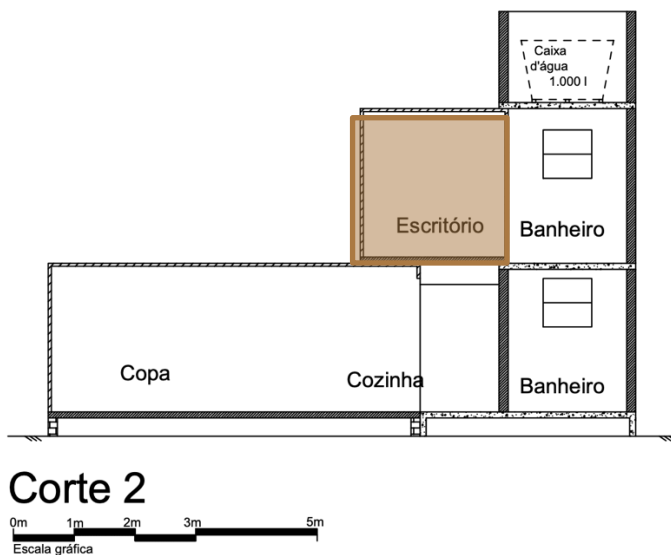


Imagem 6.32 – Corte escritório casa Jaboticabal (inverno).  
 Fonte: Autor, 2022.



Conforme o Gráfico 6.16, observa-se que a temperatura interna se mantém maior que a externa durante quase todo o dia, ficando abaixo somente entre as 15h e 18h com um pico de aumento da temperatura externa. Conforme o Quadro 6.18, o cômodo obteve desempenho para somente o requisito mínimo em período de inverno, com uma diferença algébrica entre  $T_{i,min}$ .



e  $T_{e,min.}$  de 2,3°C. Mesmo a envoltória contendo capacidade térmica muito baixa e transmitância térmica muito alta, o cômodo conseguiu atingir o requisito mínimo de forma quantitativa.

### 6.3 ABERTURAS DE VENTILAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO

Para o requisito de aberturas de ventilação, são estabelecidas dimensões mínimas para que proporcionem uma ventilação adequada aos ambientes internos. Tais aberturas devem atender a legislação local ou adotarem os valores conforme a Norma de Desempenho. Nos quadros a seguir é apresentado a área mínima de ventilação (A) de cada ambiente medido da em cada casa, comparando com os critérios da NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

Quadro 6.19 – Requisito e resultados de área mínima de ventilação da casa de Limeira.

Fonte: Autor, 2021.

Aberturas de ventilação (A)						
Zona	Critério	Comodo	Área piso (m <sup>2</sup> )	Área janela/porta(m <sup>2</sup> )	Proporção aberturas/piso (%)	Requisito
4	$A \geq 7\%$ da área de piso	Área social	35,16	6,15	17,49	Atende
		Suíte	14,49	3,15	21,73	Atende
		Quarto frontal	8,45	1,00	11,83	Atende
		Quarto posterior	8,09	1,00	12,36	Atende

Quadro 6.20 – Requisito e resultados de área mínima de ventilação da casa de Jaboticabal.

Fonte: Autor, 2022.

Aberturas de ventilação (A)						
Zona	Critério	Comodo	Área piso (m <sup>2</sup> )	Área janela/porta(m <sup>2</sup> )	Proporção aberturas/piso (%)	Requisito
4	$A \geq 7\%$ da área de piso	Sala	14,08	2,52	17,89	Atende
		Copa	9,25	5,90	63,78	Atende
		Quarto	9,53	4,20	44,07	Atende
		Escritório	9,18	2,40	26,14	Atende

Nota-se que todas as aberturas, contando janelas e portas externas atendem ao requisito mínimo de ventilação para cada ambiente nos dois casos. Porém, isto não foi capaz de garantir melhorias de qualidade do conforto térmico, seja pela grande ineficiência dos sistemas de vedação, seja pela falta de utilização de estratégias arquitetônicas de utilização de ventilação

cruzada que poderia ter sido forçada por tais aberturas em conjunção com a adoção de um partido de projeto arquitetônico favorável.

#### **6.4 DESEMPENHO DE ESTANQUEIDADE DOS OBJETOS DE ESTUDO**

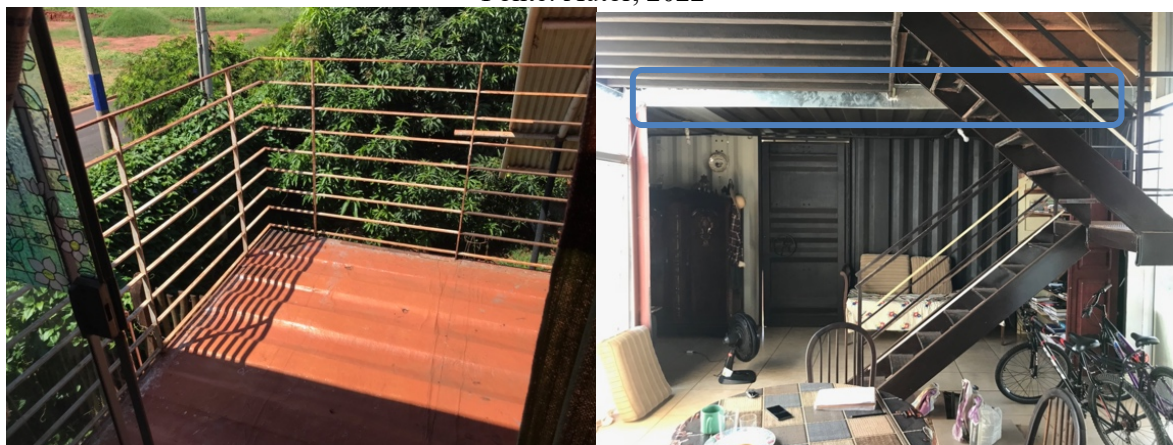
Durante a visita técnica para a identificação de possíveis problemas de estanqueidade, encontrou-se patologias na casa de Jaboticabal. Na casa de Limeira não foi encontrado nenhum problema decorrente de umidade.

Conforme os usuários da casa, o maior problema encontrado foi a água, seja pela entrada na edificação, seja pelo depósito nas superfícies externas. Foram relatados problemas com a entrada de água na casa, em dias chuvosos, pelos encaixes entre os módulos de contêineres ou entre os contêineres e instalações anexas, além da entrada em algumas esquadrias. Outro ponto destacado foi o depósito de água na cobertura dos módulos, onde era uma varanda, e nos encontros das chapas trapezoidais com as vigas inferiores dos contêineres. Isto demonstra que estas junções são pontos que devem ser objeto de detalhamento minucioso no projeto de arquitetura, para que sejam realizadas estas junções com tecnologias construtivas que, ao mesmo tempo, sejam capazes de impedir o acesso da água às frestas. Isso poderia aumentar a durabilidade da construção e também o nível de desempenho interno frente à salubridade do ambiente, dois requisitos importantes de sustentabilidade.

O depósito de água na cobertura acontecia em toda a parte do módulo de 40 pés do segundo pavimento e em uma parte de um dos módulos do térreo, na qual há uma varanda do quarto. Este depósito de água acarretava a entrada dela para a edificação pelas pequenas frestas e furos e devido a inclinação, incorreta, que o módulo tem para dentro da área construída. A solução encontrada pelo pelos usuários foi o revestimento total da superfície com manta asfáltica (observado na Imagem 6.33 à esquerda) para impedir a entrada por furos e frestas, e a instalação de uma calha interna (destacada na Imagem 6.33 à direita) para a captação da água depositada.

Imagem 6.33 – Estratégias de combate à entrada de água.

Fonte: Autor, 2022



A entrada de água por algumas janelas acontecia pelo contramarco instalado no corte da chapa, entrando pelas frestas entre solda do requadro e chapa ondulada da parede (observado na Imagem 6.34 à esquerda). Mesmo com a aplicação de selantes à base de poliuretano a água ainda entrava por algumas frestas, sendo o problema resolvido com o uso de manta asfáltica sobre a parte superior da janela e a instalação de cobertura sobre o corredor externo para o qual a janela estava voltada (visto na Imagem 6.34 à direita)

Imagem 6.34 – Janela sem estanqueidade.

Fonte: Autor, 2022



Em relação ao depósito de água nos encontros das chapas trapezoidais com as vigas inferiores dos contêineres, constatou-se vários pontos de corrosão. O encontro entre as vigas inferiores e as chapas onduladas forma uma superfície plana que possibilita o acúmulo de água a depender da inclinação que o módulo está instalado. No caso de estudo, como o módulo está levemente inclinado para a parte interna da casa (o que possibilitou a entrada de água da

cobertura) isso facilitou o depósito de água nestas partes, ocorrendo corrosões e perda de material.

Imagem 6.35 – Encontro entre viga inferior e chapa ondulada do contêiner.

Fonte: Autor, 2022



Como observado na Imagem 6.35, nota-se que existe grandes pontos de corrosão na parte inferior da viga, por acúmulo de água, o que pode-se verificar também na Imagem 6.36 na parte superior da viga no encontro com a chapa ondulada. O problema ainda não foi resolvido e, segundo o proprietário, não sabe como solucioná-lo, sendo a instalação de manta asfáltica para criação de uma superfície inclinada que não deposite água a única alternativa imaginada por ele até então. Fica claro, portanto, que a instalação de edificação em contêiner necessita de detalhamento e execução de estratégias de estanqueidade, que vão além apenas de se tampar as frestas que surgem na edificação. O projeto deve considerar solucionar estas frestas já na execução do sistema de alvenaria, que nesta casa não foi pensado em nenhuma etapa (a casa foi instalada com as paredes de container em seu estado bruto, algo que se mostrou inviável para a construção em container).

Imagem 6.36 – Corrosão da parte superior da viga inferior do contêiner.

Fonte: Autor, 2022



Por fim, a entrada de água no interior da edificação por frestas na viga inferior, em um dos módulos do térreo, causou o apodrecimento de parte do compensado naval do piso, ocasionando o deslocamento da cerâmica assentada (observado na Imagem 6.37 à esquerda). O problema foi resolvido parcialmente com a instalação de nova cerâmica, porém não ocorreu a troca total do compensado naval e o impedimento da entrada de água, ocasionando em soltura de mais outros revestimentos ao redor (mostrado na Imagem 6.37 à direita).

Imagem 6.37 – Deslocamento de cerâmicas do piso.

Fonte: Autor, 2022



## 6.5 REFLEXÕES DOS RESULTADOS

Os estudos de caso deste trabalho apresentaram diferentes resultados de desempenho térmico, nenhum deles conseguindo o requisito superior para o período de verão e inverno. Ressalta-se que as duas casas estão no interior do estado de São Paulo na zona bioclimática 4, conforme NBR 15220, sendo as duas com dois pavimentos, porém com distribuições internas e implantação distintas. A casa de Limeira foi toda revestida internamente com lã de rocha e gesso acartonado para acabamento, ao contrário da casa de Jaboticabal que não contém nenhum revestimento interno.

A casa de Limeira/SP obteve no período de verão desempenho satisfatório somente nos ambientes do térreo, conforme a norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Já os quartos do 2º pavimento obtiveram temperaturas internas mais elevadas que as temperaturas externas durante quase todo o dia. No período de inverno a casa conseguiu desempenho térmico mínimo para todos os cômodos analisados.

A casa de Jaboticabal/SP obteve no período de verão, desempenho térmico mínimo somente nos ambientes da copa e do escritório, conforme a norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Já no período de inverno todos os cômodos atendem ao desempenho térmico mínimo.

Observa-se que nos dois casos para o período de inverno obtém-se o requisito mínimo de desempenho térmico, porém, chegando alguns cômodos com menos de 1°C de diferença de temperatura (interior maior que exterior). Mesmo que as duas casas alcançaram tal desempenho, vale ressaltar que é mínimo, podendo em alguns dias com temperaturas muito baixas, ainda ser desagradável aos usuários. O fato de o contêiner ser todo em aço *corten*, que contém alta condutibilidade térmica, faz com que as casas tenham baixa inércia térmica em sua envoltória, somada com a insuficiência em revestimento de lã de rocha, no caso de Limeira, e a inexistência de revestimento térmico, no caso de Jaboticabal. Desta forma, a envoltória das edificações estudadas não consegue deixar estável as temperaturas internas.

Ressalta-se o 3TC como um material de grande potencial para a melhora de desempenho térmico nos estudos de caso. É um material composto, que contém 1cm de espessura de EPS revestido em suas duas faces por folhas aluminizadas refletoras. Encontra-se em placas ou rolos e é vendido diretamente pela fábrica em Contagem-MG. Segundo o fabricante este material isola a três formas de transferência de energia térmica (“calor”), a radiação, a condução e a convecção. É um produto muito utilizado no mercado para a adaptação de automóveis e revestimentos residenciais. Sua eficácia não foi testada e comprovada nesta pesquisa, porém,

acredita-se que o seu uso, em conjunto com outros materiais (lãs ou mantas), poderia auxiliar no isolamento dos estudos de caso deste trabalho.

Outro ponto de destaque é a pintura da chapa de contêiner que poderia ser em cores mais claras e brilhantes (no projeto foi pintada em um tom marrom escuro), para que reflita mais a radiação solar. Segundo Dornelles (2008) não é uma regra que todas as cores claras contêm menor transmitância ( $\alpha$ ); porém, no geral elas absorvem (e transmitem para o interior) menos que as tintas mais pigmentadas, como o Branco Gelo com  $\alpha=37,2$  – enquanto o Marrom Tabaco apresenta  $\alpha=78,1$ . Destaca-se que também poderiam ser adotadas estratégias arquitetônicas de proteção de fachada para que não se receba insolação direta na envoltória, como também a instalação de esquadria que contenha propriedades térmicas, com uso de vidros duplos com gás interior e encaixes vedantes, ao invés de uma simples janela com vidro temperado.

A seguir são apresentados, de forma resumida, os resultados obtidos nesta pesquisa:

Quadro 6.21 – Resumo com resultados da pesquisa.

Fonte: Autor, 2023.

<b>Resultados dos dois estudos de caso</b>		
Estudo de caso	Limeira/SP	Jaboticabal/SP
Desempenho Térmico de Verão	Apresentou desempenho satisfatório para os ambientes do térreo, enquanto os ambientes do segundo pavimento não atingiram nenhum requisito.	Apresentou desempenho insatisfatório na maioria dos ambientes.
Desempenho Térmico de Inverno	Apresentou desempenho satisfatório para todos os ambientes da casa.	Apresentou desempenho mínimo em todos os ambientes, porém, com pouca diferença de temperatura para o ambiente externo.
Desempenho de Estanqueidade	Não apresentou nenhuma patologia visível referente à umidade.	Apresentou desempenho insatisfatório, contendo diversos pontos de umidade.

### **6.5.1 REFLEXÕES SOBRE A CASA DE LIMEIRA**

Conforme a tipologia da residência, observa-se que a casa foi disposta com dois contêineres de 40” no térreo e 1 contêiner de 40” no 2° pavimento. Os ambientes no térreo (área social e suíte) são amplos e recebem pouca insolação direta, enquanto os quartos do 2° pavimento são ambientes menores e recebem mais insolação durante o dia.

A varanda existente nas portas dos quartos é composta por guarda-corpo de chapas metálicas sem revestimentos térmicos e envidraçada para fechamento e proteção contra chuva. Outro ponto a se destacar é a existência de um átrio de telhado (acima dos quartos e varanda) que se tem acesso pela varanda, criando um mezanino com a mesma, também executado em suas laterais com chapas metálicas sem revestimentos térmicos.

Acredita-se que o método como a varanda e o átrio do telhado foram projetados e executados, não prevendo um revestimento térmico nas paredes metálicas (adicionadas para fechamento) como feito nos contêineres, proporcionou, com a ajuda do envidraçamento da varanda, um aquecimento do ar de toda a varanda e o mezanino no átrio. Desta forma, contribui para a elevação da temperatura do ar interno de todo o segundo pavimento no período de verão, podendo ser um indício do não atendimento aos requisitos de verão nos dois quartos.

As aberturas de ventilação atendem, dentro da norma, os requisitos mínimos, contendo o térreo maiores aberturas de janelas e portas, ao contrário dos quartos, que mesmo com aberturas que satisfazem aos requisitos, são menores em proporção com a área dos cômodos. Assim, os ambientes do 2° pavimento, além de receberem mais insolação e sofrerem interferência de temperatura da varanda, contêm menores taxas de ventilação, proporcionando o aumento da temperatura interna no período de verão.

Acredita-se, também, que o fechamento da varanda e átrio do telhado, feitos em telha metálica e vidro, contribuíram para a baixa inercia térmica dessas paredes externas, aumentando muito a temperatura no período de verão, e diminuindo muito a temperatura no período de inverno.

Suponha-se que para a melhora do desempenho térmico de verão e inverno para a casa de Limeira-SP, conseqüentemente o atendimento de todos os requisitos para todos os cômodos, poderia conter materiais com coeficiente maior de isolamento térmico, ou o uso da mesma lâ de rocha com maior espessura, além da composição de diferentes materiais. Um material muito utilizado nas adaptações em contêineres é o 3TC, e poderia ser trabalhado em conjunto com a lâ de rocha para melhorar o desempenho da parede.



### **6.5.2 REFLEXÕES SOBRE A CASA DE JABOTICABAL**

A casa de Jaboticabal é também composta por dois pavimentos, porém, com disposição e orientação diferente da casa de Limeira. No térreo são dispostas duas metades de um contêiner de 40", distanciados entre si, criando um ambiente construído de pé direito duplo (mezanino) com a cobertura de telhas metálicas no segundo pavimento. O segundo pavimento é composto por um contêiner de 40" disposto transversalmente sobre as duas metades do térreo. Ressalta-se que os banheiros (térreo e segundo pavimento) são feitos em um volume anexo construído em alvenaria. A área coberta da casa é então composta por áreas internas de módulos de contêineres, áreas adjacentes cobertas por telha metálica (mezanino e varanda) e alvenaria (banheiros).

Observando os ambientes internos da casa, nota-se que todos os cômodos compõem um grande volume único, pois são todos interligados com grandes aberturas, existindo somente as portas e janelas externas, além da porta do banheiro (única porta interna). Desta forma, de modo geral, todo o ar interno da edificação é interligado, impossibilitando o isolamento por cômodo refletindo no desempenho da edificação, pois algumas partes da casa recebem mais insolação, ou estão mais suscetíveis a perda de temperatura por envidraçamentos.

Observando os dados coletados e o desempenho da casa e de cada cômodo, percebe-se que, mesmo sendo um único volume de ar, algumas partes da casa esquentam mais, interferindo nos outros cômodos. Pode ser observado na sala e no quarto, que mesmo contento os tamanhos mínimos de aberturas, a insolação direta sobre as chapas dos contêineres (sem revestimento) e a não abertura das portas e janelas enclausura o ar interno, aumentando a temperatura daquela porção de ar, refletindo para os outros cômodos.

Esta reflexão pode ser levada, também, para o período de inverno, pois mesmo a edificação obtendo o desempenho térmico mínimo, a diferença de temperatura interna e externa foi muito baixa, podendo causar desconforto aos usuários em dias muito frios. Tal problema ocorre pela falta de revestimento das chapas naturais do contêiner e pelos grandes vãos envidraçados da área do Hall do Mezanino.

Neste estudo de caso, fica mais claro a necessidade da especificação em projeto e a instalação em obra de materiais isolantes na envoltória da edificação em contêiner marítimo. O material isolante ajuda a diminuir a transmitância térmica das paredes e do telhado, diminuindo assim o ganho de energia térmica no verão e a diminuição de temperatura interna no inverno. Tal isolamento não é suficiente para atender ao requisito de capacidade térmica (C) conforme a NBR 15.220 (ABNT, 2005), pois a envoltória ainda é constituída de um sistema de

fechamento leve com baixa inércia térmica, porém, um bom isolamento poderia compensar parcialmente esse baixo valor de C e manter a temperatura interna estável e equilibrada.

Para o atendimento dos requisitos de conforto térmico em período de verão e inverno, inicialmente deveriam ser instalados materiais e sistemas de vedações da envoltória da edificação (paredes e cobertura). Os materiais mais utilizados nas adaptações em contêineres são lã de rocha, lã de PET, lã de vidro e 3TC, e podem ser trabalhados em conjunto para garantir o melhor isolamento.

A exemplo disto é que a lã de rocha contém condutividade térmica de apenas 0,045 W/(m.K) (ABNT, 2005) e usando-a a uma espessura de 10cm, chegaria em uma transmitância térmica da envoltória de 0,44 W/(m<sup>2</sup>.K), atendendo ao requisito da norma para o cálculo simplificado (conforme item 6.2.1). Desta forma, acredita-se que melhoraria muito a temperatura interna da casa, pois ainda poderia existir mais materiais em conjunto, como o 3TC, além do acabamento em gesso acartonado internamente.

Outro ponto de destaque é a pintura da chapa de contêiner que poderia ser em cores mais claras e brilhantes, pois foi mantida a pintura original em marrom fosco. Assim, cores mais claras e brilhantes, absorveriam menos e refletiriam mais a insolação recebida em sua envoltória. Destaca-se também, o uso de estratégias de arquitetura, como proteção solar, controle de ventilação, etc, além da instalação de esquadrias mais eficientes, para a melhora do conforto interno.

Analisando as patologias encontradas na residência em decorrência da umidade, nota-se que faltaram técnicas corretas para a impermeabilização de algumas esquadrias, coleta de águas de chuva e proteção de pontos de acúmulo de água. Tais pontos poderiam ser resolvidos, de forma emergencial, com a calafetação das juntas e encaixes das esquadrias e emendas de módulos e anexos, além de tratamentos e proteções das áreas críticas de acúmulo de água. De forma mais definitiva, ressalta-se que eles demonstram a grande necessidade de se realizar um projeto arquitetônico e executivo da casa em contêiner, o qual leve em conta tanto fatores bioclimáticos (como orientação, ventilação, insolação, vegetação) como também a especificação e detalhamento de sistemas construtivos de vedação vertical (paredes) e horizontal (telhados) que trouxessem características desejáveis para o conforto térmico (isolamento e inércia térmica) mas também detalhamento de execução de pontos críticos como as juntas entre contêineres, de portas, janelas, telhados e vigas de fundação, gerando um sistema eficiente do ponto de vista do controle da umidade.

## 7 CONCLUSÕES

Como a pesquisa em questão envolve um sistema construtivo inovador, há pouco conhecimento científico referente ao assunto e muito sendo feito de forma empírica no mercado da construção civil. Desta forma, este trabalho buscou estudar de forma aprofundada o sistema construtivo e analisar o conforto térmico, grande ponto de questionamento, de dois estudos de caso, a fim de ampliação do conhecimento técnico-científico do sistema construtivo estudado. Com isso, foram catalogadas informações desde o histórico até os procedimentos recomendados atualmente para uma boa prática de execução, analisando, em dois estudos de caso, o desempenho térmico e possíveis problemas de execução.

A pesquisa foi recortada na realização de ensaios destrutivos, como de resistência estrutural frente a solicitações de impactos (corpo mole e corpo duro), de estanqueidade das vedações e de tempo de resistência ao fogo, pelo fato dos objetos de estudo de caso serem casas habitadas e pela falta de tempo hábil para a realização dos ensaios. Recortou-se a pesquisa, também, na realização de avaliação de pós-ocupação (APO) diagnóstica para identificação aprofundada de patologias e defeitos do sistema em contêiner, sendo realizada vistoria visual para constatação de possíveis problemas, que foram identificados somente na casa de Jaboticabal, devido às más técnicas construtivas da intervenção realizada nos módulos.

Por ser um sistema construtivo inovador, ainda não há conhecimento técnico suficiente para uma correta intervenção e execução, assim, identificam-se muitas improvisações ou soluções inadequadas em construções feitas em contêineres marítimos. Desta forma, para melhora e evolução da técnica construtiva, assim como para um avanço na sustentabilidade, é necessário o fomento de pesquisas na área, além da formação de mão-de-obra mais qualificada na execução. É imprescindível o estreitamento entre a pesquisa acadêmica e a prática da execução para formulação de técnicas eficientes de intervenção nos módulos e também na sua ligação com outros sistemas construtivos.

A evolução na técnica construtiva traria grande competitividade ao sistema construtivo, que pode ser rápido, modular, durável, econômico, pré-fabricado e utilizar materiais e componentes inovadores.

Para o estudo de caso de Limeira-SP, a casa, no período de verão, apresentou desempenho térmico mínimo somente para os cômodos no térreo (área social e suíte), não

apresentando o mesmo desempenho nos quartos do segundo pavimento devido à maior exposição à radiação solar, enquanto no período de inverno, todos os cômodos apresentaram desempenho mínimo.

No estudo de caso de Jaboticabal-SP, a casa, no período de verão, só apresentou desempenho térmico mínimo para dois cômodos (copa e escritório), obtendo uma pequena diferença entre temperatura externa máxima e temperatura interna máxima, de apenas 1°C. Já no período de inverno, todos os cômodos atenderam ao requisito mínimo de desempenho térmico.

Mesmo que alguns cômodos tenham atendido aos requisitos mínimos de desempenho térmico nos estudos de caso, é válido relatar que a análise é numérica, de forma que muitas vezes o cômodo atende ao requisito mínimo, mas a diferença algébrica de temperatura chega a ser de apenas 0,3°C (escritório em período de verão). É necessária uma revisão da norma para sistemas construtivos leves, pois uma análise qualitativa dos espaços demonstra rapidamente que o conforto térmico não é adequado. Desta forma, acredita-se na necessidade de um questionamento referente aos requisitos da norma de desempenho para os sistemas construtivos inovadores.

Foi observado neste trabalho, comparando os dois estudos de caso, que a casa de Jaboticabal, que foi construída sem nenhum revestimento térmico nas paredes e teto, apresentou um pior desempenho térmico. Também foi observado que a varanda da casa de Limeira, que contém chapas sem revestimento termoacústico, influenciou no não atendimento ao requisito mínimo de verão dos quartos. É possível afirmar que a execução de construções com contêineres marítimos que não utilizarem materiais ou sistemas de vedação adequados na envoltória da edificação terão seu desempenho térmico comprometido. Estes deverão, na falta de possibilidade de aumento da inércia térmica, buscar pelo menos um aumento do isolamento térmico para minimizar os impactos negativos do aço em dias típicos de verão e principalmente em fachadas expostas diretamente a insolação das vedações verticais. Os telhados também devem ser objeto de trabalho, aumentando o sombreamento sobre os fechamentos verticais dos contêineres, e ainda impedindo a entrada de calor pela própria cobertura.

Conclui-se também que a adoção de técnicas inapropriadas ou improvisadas acarreta problemas que comprometem o desempenho estrutural, térmico e de estanqueidade (como observado na casa de Jaboticabal com fortes patologias de umidade). Destaca-se, além da boa aplicação de materiais e estratégias construtivas, a importância de um bom projeto de

arquitetura que preveja soluções para proteção solar, melhor orientação geográfica, aberturas de vãos corretos e disposição de layout, a fim de maximizar a eficiência da edificação.

## **8 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Este trabalho de dissertação atendeu aos objetivos propostos de estudar o sistema construtivo em contêineres marítimo e avaliá-lo através de estudo de caso. Em decorrência desta dissertação, são sugeridos possíveis tópicos de trabalhos futuros:

- Realizar ensaios de campo em contêineres em seu estado natural e posteriormente prontos para habitação;
- Propor uma cartilha com boas práticas de engenharia para o sistema construtivo em questão;
- Estudar novos materiais que possam ser utilizados como revestimentos térmicos mais eficientes;
- Avaliar o desempenho acústico de construções em contêineres.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (1986). *NBR 9442. Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante*. Rio de Janeiro. 2011. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2011). *NBR 11675. Divisórias leves internas moduladas – Verificação da resistência a impactos*. Rio de Janeiro. 2011. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2005). *NBR 15220. Desempenho térmico das edificações*. Rio de Janeiro. 2005. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2013). *NBR 15575: Desempenho de Edifícios Habitacionais*. Rio de Janeiro. 2013. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2017). *NBR 10152- Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro. 2017. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT (2000). *NBR 10151- Avaliação do Ruído em áreas habitadas visando o conforto comunidade*. Rio de Janeiro. 2000. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ASTM (2011). *ASTM E662 - Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials*. 2011
- ARCH DAILY. *Casa Container Granja Viana/Container Box*. 2016. Disponível: <<https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box>>. Acessado em 04 de novembro de 2020.
- AULICINO, P. *Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: o caso dos conjuntos habitacionais*. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CARBONARI, Luana. *Reutilização De Contêineres Iso Na Arquitetura: Aspectos Projetais, Construtivos E Normativos Do Desempenho Térmico Em Edificações No Sul Do Brasil*. Florianópolis, 2015. Universidade do Sul de Santa Catarina – Curso de Arquitetura e Urbanismo.
- CARBONARI, Luana Toralles; BARTH, Fernando. *Reutilização de contêineres padrão ISO na construção de edifícios comerciais no sul do Brasil*. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v.6, n.4, p.255-265, dez. 2015. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8641165>>. Acessado em 20 de janeiro de 2020.
- CALORY, Sara Q. C. *Estudo de uso de contêineres em edificações no Brasil*.; Trabalho de conclusão de curso do curso superior em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.
- CENTRO DE CONHECIMENTO PORTUÁRIO E RETROPORTUÁRIO, Ceconport. *História do Contêiner*. Disponível em: <[http://www.ceconport.com.br/site/images/historia\\_do\\_container\\_vistoria.pdf](http://www.ceconport.com.br/site/images/historia_do_container_vistoria.pdf)>. Acessado em 21 de agosto de 2020.
- CHING, F. D. *Arquitectura: forma, espacio y orden*. 10 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1995. 430p.
- CONTAINER CITY. Disponível em: <<http://www.containercity.com/projects>>. Acessado em 02 novembro de 2020.
- CONTAINER LAB. Disponível em: <<http://www.containerlab.com.br/blog/>>. Acessado em 30 outubro 2020.

- CORDOVIL, L. A. B. L. *Estudo da ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.
- COSTA, Vanessa Aparecida Caieiro da. *O Uso de containers como alternativa de habitação avaliando os requisitos de conforto do usuário*. UFOP. Monografia de graduação. Ouro Preto, 2014.
- FIGUEROLA, V. *Contêineres de navio se tornam matéria-prima para a construção de casas*. Técnica, São Paulo, dez. 2013. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/conteineres-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcao-de-302572-1.aspx> >. Acessado em 25 de fevereiro de 2020.
- FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, CERWAY. Referencial de avaliação da qualidade ambiental de edifícios residenciais em construção. São Paulo, 2016. Disponível em: < <https://vanzolini.org.br/aqua/indicadores/> >. Acessado em 26 de abril de 2020.
- FIGUEROLA, V. *Contêineres de navio se tornam matéria-prima para a construção de casas*. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/conteineres-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcao-de-302572-1.aspx>>. Acessado em 10 outubro 2020.
- GOEBEL, Dieter. *Logística – Otimização do transporte e estoque na empresa*. ECEX/IE/UFRJ, 1996. Disponível em: < [http://xa.yimg.com/kq/groups/24005436/1212690999/name/logistica\\_otimizacao\\_do\\_transporte\\_e\\_estoques\\_na\\_empresa.pdf](http://xa.yimg.com/kq/groups/24005436/1212690999/name/logistica_otimizacao_do_transporte_e_estoques_na_empresa.pdf) >. Acessado em 01 de agosto de 2019.
- GODSEEL, Sean. *Future Shack*. 1985. Disponível em: < <https://seangodsell.com/future-shack>>. Acessado em 05 de novembro de 2020.
- JUSTINO, B. M. P.; PINHO, G. C. S.; ANDRADE, R. G. M.; BARROCA, D. A. S. *Contêiner: do descarte portuário à aplicação arquitetônica*. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, PR, v.7, n.2, p.14632-14652, fev. 2021. ISSN 2525-8761
- KOTNIK, J. *Container Architecture*. Barcelona: Links, 2008. 253 p.
- LEVINSON, Marc. *The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy Bigger*. Princeton/USA: Princeton University Press, 2006.
- METHA, P. K. *A Concrete Technology for Sustainable Development: An Overview of Essential Principles*. CANMET/ACI International Symposium on Concrete Technology for Sustainable Development, Vancouver, 1999.
- MOTTA, S.R.F.; AGUILAR, M. T. P. *The Dialectic Creative Process for a Sustainable in the Constructed Environment*. In: 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, 2008, Melbourne. Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, 2008. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50953/55034> >. Acesso em 12 de outubro de 2019.
- OCCHI, Tailene; ALMEIDA, Caliane Christie Oliveira de. *Uso de containers na construção civil: viabilidade construtiva e percepção dos moradores de Passo Fundo - RS*. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 5, n. 1, p. 16-27, jun. 2016. ISSN 2318-1109. Disponível em: < <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/1282> > Acesso em 21 de agosto de 2020.
- OCCHI, Tailene; ROMANINI, Anicoli. *Reutilização de containers de armazenamento e transporte como espaços modulados na arquitetura*. 2014. 3º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Disponível em: < <https://www.imed.edu.br/Uploads/Reutiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20containers%20de%20armazenamento%20e%20transporte%20como%20espa%C3%A7os%20modulados%20na%20arquitetura.pdf> > Acesso em 20 de fevereiro de 2020.

- PIRES, F. **Valor Econômico**. 2015. Disponível em: <  
<http://www.valor.com.br/internacional/3871772/movimento-de-containers-no-porto-de-roterda-aumenta-58-em-2014> > Acesso em 03 de março 2022.
- PROCEL. **Cadernos MCidades – Parcerias: Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social**. Brasília. 2005. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <  
<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/0066461c89da56194e35a9a0c2acacdc.pdf> > Acesso em 10 de outubro de 2019.
- RANCURA, Raquel Letícia; ALVES, Vinícios Mendonça. **Avaliação de desempenho térmico de edificações em contêiner**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO 2016, São Paulo. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER, **Cité a Docks Students House: 100 student dorm rooms made from shipping containers**. 2010 Disponível em:  
<<http://www.residentialshippingcontainerprimer.com/Cite%20A%20Docks>>. Acesso em 28 de novembro de 2019.
- RESIDENTIAL SHIPPING CONTAINER PRIMER. **Everything About ISO Cargo Shipping Containers**. 2013. Disponível em: <<http://residentialshippingcontainerprimer.com/>>. Acesso em 03 novembro de 2020.
- ROMANO, L.; **Retrofit de contêineres na construção civil**. / Leonora Romano, Sabine Ritter de Paris, Álvaro Luiz Neuenfeldt Júnior. – Campinas: Labor & Engenho, 2014.
- SANTOS, J. C. **O transporte marítimo internacional**. 2. ed. São Paulo: Aduaneiras, 1982.
- SLAWIK, H. et al. **Container Atlas: A Practical Guide to Container Architecture**. Berlin: Gestalten, 2010.
- SOTELLO, L. **Vida nova para os contêineres**. Revista Beach&CO, Guarujá, 2012. Disponível em: <  
<http://www.beachco.com.br/v2/porto/vida--nova--para--os--contenineres.html> >. Acesso em 22 de fevereiro de 2020.
- SAYWERS, Paul. **Intermodal Shipping Container Small Steel Buildings**. 2. Ed. Kentucky: LL. 2008.
- SHIN, Herbet Berndt. **Norma de Desempenho NBR 15.575: Estudo das Práticas Adotadas por Construtoras e dos Impactos Ocorridos no Mercado da Construção Civil**. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2016.
- SMITH, J.D. **Shipping Containers as Buildings Components**. Stanford, California: University of Brighton – Department of Built Environment, 2006. Disponível em:  
<<http://www.cityzendesign.co.uk/wp-content/uploads/2012/11/containerresearch.pdf>>. Acesso em: 03 novembro de 2020.
- TAFNER, Emiliano. **Projeto de uma edificação utilizando o método construtivo de contêineres em substituição a uma construída em alvenaria convencional**. Trabalho de conclusão de curso do curso superior em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia. 2019.
- TOP TRADING. **A Identificação de um Contêiner**. 2020. Disponível em: <  
<http://www.toptrading.com.br/a-identificacao-de-um-conteniner/> >. Acesso em 28 de agosto de 2020.
- WORLD SHIPPING COUNCIL. **Containers**. 2014. Disponível em: <  
<http://www.worldshipping.org/about-theindustry/containers> >. Acesso em 18 de março de 2019.