



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

**Cleyner Felipe Jácome Mesquita**

**ESTUDO COMPARATIVO DE CONFORTO TÉRMICO PARA CASA CONTAINER**

Palmas - TO  
2017

**Cleyner Felipe Jácome Mesquita**

**ESTUDO COMPARATIVO DE CONFORTO TÉRMICO PARA CASA CONTAINER**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, elaborado sob orientação do Professor *M.Sc.* Murilo de Pádua Marcolini.

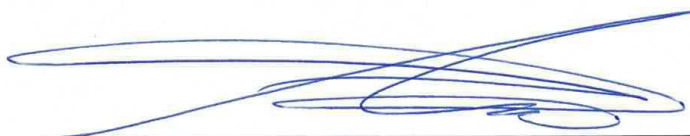
CLEYNER FELIPE JÁCOME MESQUITA

**ESTUDO COMPARATIVO DE CONFORTO TÉRMICO PARA CASA CONTAINER**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, elaborado sob orientação do Professor M.Sc. Murilo de Pádua Marcolini.

Aprovado em 13 de 12 de 2017

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Orientador Murilo de Pádua Marcolini, M.Sc.  
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

Profª. Coorientadora Lorena D'Arc Tork da Silva, M.Sc  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Ygor Freitas Examinador, M.Sc  
ITPAC - Araguaína

**Palmas - TO  
2017**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai Cleber João, minha mãe Silane Jácome, ao meu irmão Clessys e toda minha família. Também aos meus professores pela paciência na orientação e incentivo é um prazer tê-los na banca examinadora. À minha coordenadora de curso pela compreensão e apoio em toda esta jornada. Obrigado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me mostrar que sou mais forte do que penso. Agradeço também á minha mãe Silane, meu pai Cleber João e meu irmão Clessys que são a base e alicerce de toda esta trajetória, tendo que aguentar muitos dias de estresses, homens dentro de casa comendo tudo que tem na geladeira e muito barulho durante as madrugadas de estudos. Aos meus avós, tios e tias por mais longes que estejam sempre estiveram presentes, a todos os apoios inclusive financeiros. A minha namorada que superou muitos finais de semanas em casa, muitos dias sem me ver, muitas histórias chatas sobre a faculdade e muitos colegas enchendo o saco. E também agradecer a todos meus amigos principalmente os da faculdade, sem eles a caminhada seria muito mais difícil. Obrigado a todos, essa conquista é nossa!

Eu faço da dificuldade a minha motivação.  
A volta por cima, vem na continuação.

## RESUMO

MESQUITA, Cleyner Felipe Jácome. Trabalho de Conclusão de Curso. 2017. **Estudo comparativo de conforto térmico para casa container.** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – Tocantins. Orientação Murilo de Pádua Marcolini, *M.Sc*

A presente pesquisa objetivou demonstrar o comportamento de três materiais de diferentes características atuando no isolamento térmico de um contêiner marítimo instalada em uma área descampada da região sul da cidade de Palmas – Tocantins. O uso de contêiner na construção civil vem crescendo exponencialmente no Brasil, devido a fatores econômicos e ambientais. A cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins está localizada no centro geodésico do país, próximo a linha do equador, compondo geograficamente a região norte brasileira. A alta média anual de temperatura é um fator limitante para a adoção de contêiner na cidade e por isso se faz necessário apontar matérias que desempenhem papel satisfatório no isolamento térmico desses elementos, para que dessa forma, estes sejam definitivamente inseridos no mercado habitacional Palmense. Foram testados a Manta Térmica de Alumínio, Placas OSB e Lã de Vidro. Todos os materiais foram instalados no interior do contêiner em dias distintos e posteriormente foram feitas as aferições por meio do uso da estação óptica de HOBO (Pendant Coupler). Por meio das aferições e testes ficou demonstrado que as placas OSB apresentaram melhor comportamento no isolamento térmico.

Palavras Chave. Manta Térmica de Alumínio. Placa OSB. Lã de Vidro. Isolamento Térmico. Contêiner.

## ABSTRACT

MESQUITA, Cleyner Felipe Jácome. Final Project. 2017. **Comparative study of thermal comfort home container.** Course of Civil Engineering. University Center Lutheran of Palmas. Palmas - Tocantins. Murilo de Pádua Marcolini, *M.Sc*

The present research aimed to demonstrate the behavior of three different materials the thermal insulation characteristics of a maritime container installed in a treeless area of the southern city of Palmas Tocantins. The use of container in construction has been growing exponentially in Brazil, due to economic and environmental factors. The city of Palmas, Tocantins state capital is located in the geodesic center of the country, near the equator, composing the Brazilian northern region geographically. The high average annual temperature is a limiting factor for the adoption of container in the city and so it is necessary to point out those satisfactory role-play materials on thermal insulation of these elements, so that in this way, these are definitely entered the market Palmense housing. Have been tested to aluminum thermal blanket, OSB boards and glass wool. All materials were installed inside the container in different days and subsequently were made the measurements with optical station of HOBO (Pendant Coupler). By means of measurements and tests have shown that the OSB boards showed better behavior on thermal insulation.

**Keywords:** Aluminum Thermal Blanket. OSB Board. Glass Wool. Thermal Insulation. Container.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxas metabólicas para tarefas típicas segundo a norma ASHARE/55...	25
Tabela 2 - Critério para classificação de desempenho térmico para o verão. ....	26
Tabela 3 - Critério para classificação de desempenho térmico no inverno. ....	26
Tabela 4 – Dimensões padronizadas de contêineres.....	36
Tabela 5 – Parâmetros de Vida útil de Projeto .....	37
Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental .....	39
Tabela 7 – Dimensões do contêiner padrão mundial 20” .....	43
Tabela 8 – Capacidade de carga e volume do Container padrão mundial 20” .....	43
Tabela 9 - Médias climáticas de Palmas - Tocantins.....	51
Tabela 10 - Aferição sem isolamento térmico - Máxima e Mínima .....	52
Tabela 11 - Aferição do ambiente com Manta Térmica - Máxima e Mínima .....	53
Tabela 12 - Aferição do ambiente com Placas em OSB - Máxima e Mínima .....	54
Tabela 13 - Aferição do ambiente interno – com Lã de Vidro .....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de Locação do Contêiner na quadra 812 Sul.....	41
Figura 2 - Contêiner posicionado no local de estudo .....	42
Figura 3 – Equipamento de aferição interna .....	44
Figura 4 - Instalação do equipamento em altura padrão .....	44
Figura 5 – Equipamento para aferição de temperatura externa Pendant Coupler ....	45
Figura 6 – Instalação da Manta Térmica de Alumínio .....	46
Figura 7 – Placas OSB instaladas.....	47
Figura 8 – Contêiner com Lã de Vidro.....	48
Figura 9 - Contêiner em especificações padrão .....	50
Figura 10 – Locação do equipamento de aferição em altura normatizada.....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperaturas Máximas e Mínimas aferidas .....	56
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Objetivos .....	17
1.1.1 Objetivo Geral .....	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	17
1.2 Justificativa .....	18
1.3 Problema .....	20
1.4 Hipótese.....	21
2 REFERENCIAL TEORICO .....	22
2.1 Considerações gerais sobre Conforto Térmico.....	22
2.1.1 Fatores de Conforto Térmico Humano.....	24
2.1.2 Modelo de conforto adaptativo.....	27
2.1.3 Climatização natural das edificações .....	28
2.1.3.1 Ventilação natural .....	29
2.2 Desempenho Térmico ABNT NBR 15575.....	29
2.3 Desenvolvimento histórico do uso do container.....	32
2.3.1 O uso do contêiner na construção civil .....	34
2.4 Caracterização do Contêiner .....	35
2.5 Durabilidade e Manutenibilidade.....	37
2.5.1 Classificação da agressividade ao meio ambiente .....	38
2.6 Esforços de engenharia e o clima no Brasil.....	39
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 Descrição dos materiais.....	46
3.1.1 Manta Térmica .....	46
3.1.2 Placas OSB (Oriented Strand Board) .....	47
3.1.3 Lã de Vidro.....	48
3.2 Especificação técnica do contêiner adaptado para moradia.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Características Climáticas de Palmas - Tocantins .....	51
4.2 Aferição sem Isolamento Térmico.....	52
4.3 Aferição com Manta Térmica .....	53
4.4 Aferição com Placas OSB.....	54

4.5 Aferição com Lã de Vidro.....	55
4.6 Comparativo entre os modelos .....	56
4.7 Interferências na aferição .....	57
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

As condições de conforto térmico estão diretamente ligadas à produtividade e rendimento do ser humano seja qual for sua atividade, necessitando de temperaturas equilibradas e que proporcionem comodidade durante a execução de suas atividades, sejam elas laborais, lazer e principalmente durante o período de descanso.

A engenharia deve atuar na serventia aos indivíduos proporcionando o conforto necessário ao seu bem-estar físico e mental, e para isso se faz necessário abranger amplamente o conforto térmico nos ambientes projetados e implantados para acolhimento de pessoas.

A temperatura média do corpo humano é situada na faixa entre 36,7 e 37°C em condições fisiológicas normais. Por isso, a preocupação com a questão da permanência em ambientes com temperaturas elevadas se faz presente na vida dos profissionais responsáveis por edificar espaços destinados a realização das atividades inerentes aos seres humanos.

Com o desenvolvimento de tecnologias construtivas e de materiais de construção, aumentou-se as possibilidades de aproveitamento de recursos naturais existentes, visando a minimização de custos e maximização dos níveis de conforto térmico.

Também deve ser considerado o tipo de material de isolamento selecionado para essa finalidade, o que demanda estudo prévio quanto as condições climáticas e das características do ambiente onde se pretende implantar estrutura física voltada para o uso humano.

O mercado oferece diversos tipos de materiais, concebidos nos mais variados padrões e configurações, para aplicação em qualquer região habitável do planeta, cabendo ao engenheiro determinar a melhor técnica construtiva, e qual tipo de material empregar de forma a obter o melhor rendimento quanto aos parâmetros de conforto térmico.

Nas últimas duas décadas, o setor da construção civil se mostrou cada vez mais dinâmico e competitivo, onde se pôde perceber uma constante atualização nas técnicas e procedimentos construtivos, além do surgimento de novos materiais e equipamentos. Seguindo esse fluxo desenvolvimentista e de modernização do setor,

a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), publicou no ano de 2008, a ABNT NBR 15575, que trata do desempenho de edificações habitacionais, e no ano de 2013 passou por modificações que acompanharam a modernização dos procedimentos e métodos construtivos bem como a incorporação de novos materiais no setor da construção civil.

Algumas mudanças foram implementadas, já que a mesma deixou de recair somente aos edifícios de até cinco pavimentos, passando a tratar de qualquer edificação residencial, sem especificar dimensões ou geometrias, além do conceito de vida útil variável dos sistemas implantados.

Em relação as seis partes normativas que a englobam, o item que trata de pisos e vedações verticais internas e externas foram os que tiveram mais alterações normativas. Essa normativa está diretamente relacionada ao conforto térmico, pois consta em seu escopo, as determinações referentes as vedações verticais internas e externas, os critérios relativos ao uso de elementos de vedação em geral, à estanqueidade de água e isolamento acústico, que por consequência atuam no conforto ambiental.

As pesquisas e estudos referentes ao tema deste trabalho são abrangentes no que diz respeito ao conforto e ambientação térmica, considerando que a conceituação quanto ao conforto recai sobre a satisfação do indivíduo em relação ao ambiente, e a ambientação térmica recai sobre os conceitos aplicados aos confortos acústico, lumínico e novamente ao térmico.

O que se busca atualmente é a criação de espaços ambientalmente agradáveis, sem que se elevem os custos para essa qualidade em ambiência térmica, não sendo então uma tarefa simples ou comum. Dessa forma, há a necessidade de se levar em consideração o espaço e a habitabilidade do usuário quanto à temperatura, impermeabilização e a ação direta do vento.

A determinação do conforto de um ambiente se diferencia conforme o tipo de usuário, o que estimula o projetista a formular estratégias que atendam aos requisitos técnicos construtivos de isolamento térmico, as intempéries naturais e os fatores climáticos locais.

Considerando as características climáticas de Palmas, essa abordagem se coloca na linha de frente como elemento de diminuição de custos com climatização artificial de ambientes, já que um projeto inadequado ambientalmente o induz ao uso de estratégias com alto custo energético, o que eleva significativamente o consumo

de energia e conseqüente aumento do custo operacional em edificações comerciais, industriais e públicas, e impacto negativo no orçamento doméstico no caso de ambientes residenciais.

Dessa forma o presente estudo buscou demonstrar o desempenho térmico de três materiais isolantes aplicados a um contêiner marítimo padrão 20” que foi alocado em uma quadra do setor industrial de Palmas – Tocantins, tendo como base a norma NBR 15.575-4 que trata especificamente dos sistemas de vedações verticais internas e externas de edificações com a finalidade de uso para ambientação humana.



## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho térmico de casa contêiner conforme contexto climático de Palmas/TO, utilizando diferentes materiais para isolamento térmico.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as condições climáticas de Palmas/TO;
- Caracterizar e analisar os materiais constituintes, Manta Térmica de Alumínio, OSB e Lã de vidro quanto a capacidade de isolamento térmico;
- Apontar o que possui melhor desempenho quanto ao conforto térmico ao usuário, e propor recomendações quanto ao seu uso.

## 1.2 Justificativa

A busca por soluções construtivas que contribuam para a amenização dos efeitos climáticos nas edificações, especialmente quando se trata da alta temperatura, como em Palmas/TO, e dos efeitos da sensação térmica, tem sido, uma preocupação unânime entre profissionais e estudiosos da engenharia.

Considerando o fato de que o termo sustentabilidade se encontra presente cada vez mais no cotidiano social, seja na vida pessoal quanto profissional dos indivíduos, o debate sobre essa temática é recorrente em todos os segmentos mercadológicos, porém, é sobre o setor da construção civil que recai a responsabilidade em relação a criação e inovação no que tange a sustentabilidade e respeito ao meio ambiente.

O emprego de contêineres marítimos na construção civil se coloca como uma ferramenta de grande apelo ecológico já que este em muitos aspectos, constitui um material de construção ideal em face de sua força, durabilidade, fácil empilhamento, grande disponibilidade e valor relativamente baixo. Os profissionais da engenharia adaptaram os contêineres para a construção dos mais variados tipos de espaços habitáveis ao redor do mundo, como casas, escritórios, apartamentos, escolas, dormitórios, estúdios e abrigos de emergência.

A escolha do tema deste trabalho surgiu pela percepção da escassez de profissionais e empresas capacitadas para atender as exigências de clientes quanto ao uso do contêiner como espaço habitável com padrões de conforto térmico segundo as especificações e normativas estabelecidas na NBR 15575 (Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais). Outro motivo foi o interesse particular do acadêmico pesquisador em atuar nesse nicho de mercado.

Dentro do contexto acima apresentado, o presente estudo se justifica pela viabilidade do emprego dos contêineres marítimos com a finalidade de abrigar pessoas em diferentes situações de rotina diária, seja como moradia ou ambiente de trabalho, havendo, para isso, a necessidade do profissional projetista se ater na questão do isolamento térmico da estrutura, frente as condições climáticas de Palmas/TO, que apresenta média de temperatura anual elevada.

Para a comunidade acadêmica, a pesquisa servirá como fonte de dados e informações visando a elaboração de novos estudos e aprofundamento nessa

mesma temática, que se faz presente na rotina dos profissionais da construção civil, especialmente na cidade de Palmas – Tocantins.

### **1.3 Problema**

Qual material isolante estudado como modelo de ambientação térmica aplicada em casa contêiner pode apresentar melhor desempenho no isolamento térmico considerando as características climáticas de Palmas – Tocantins?

## 1.4 Hipótese

O uso de contêineres adaptados como ambiente de vivência de pessoas requer uma adequação para que os ocupantes possam desfrutar de condições de conforto térmico, dentro dos níveis mínimos necessários ao bem-estar fisiológico humano.

O emprego de materiais não compatíveis com as necessidades térmicas específicas para a região bioclimática, ocasiona a perda da qualidade ambiental e interfere no desempenho dos itens que, juntos, compõem o conforto térmico de uma edificação segundo as diretrizes da NBR 15575-4. Definida pela Norma de Zoneamento Bioclimático Brasileiro NBR 15220-3, Palmas/TO não é citada na norma, porém foi adotado como base Porto Nacional/TO, que se localiza na zona bioclimática 7, sendo o município mais próximo.

Os materiais termicamente isolantes empregados na preparação dos contêineres para acomodação de pessoas, não apresentam desempenho semelhantes e por isso a necessidade de determinar qual deles possivelmente será considerado o mais eficiente termicamente para a cidade de Palmas – Tocantins.

## 2 REFERENCIAL TEORICO

### 2.1 Considerações gerais sobre Conforto Térmico

O conforto térmico é definido como uma condição da mente humana em que a satisfação com o ambiente térmico é expressa e por isso sua avaliação tem natureza de subjetividade, já que cada organismo apresenta especificidades quanto ao meio ambiente que o cerca. Também conhecido como conforto humano, o conforto térmico se traduz na satisfação dos ocupantes em relação as condições térmicas circundantes, sendo então um elemento essencial a ser considerado na fase de projeto de uma estrutura que tenha como finalidade abrigar pessoas (FROTA, 2011).

Mascaró (2009), explica que, por se tratar de um fenômeno de natureza pessoal, o conforto térmico é difícil de ser mensurado em números, dependendo de fatores como temperatura do ar, umidade, temperatura radiante, velocidade do ar, taxas metabólicas e níveis de vestimentas apresentadas por cada indivíduo que frequenta um determinado ambiente, e por isso essas sensações são diferentes com base na fisiologia, estado físico e mental de cada pessoa individualmente.

Ambientes termicamente eficientes só são eficazes quando os ocupantes do espaço estejam confortáveis. Se não estiverem dentro da zona de conforto térmico ideal, estes tomarão meios alternativos para aquecer ou arrefecer um espaço, através do uso de aquecedores ou condicionadores de ar, que poderiam ser substancialmente pior do que os sistemas típicos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (KOSKI, 2014).

Uma sensação de frio será agradável quando o corpo estiver superaquecido, mas desagradável quando o núcleo já estiver frio. Ao mesmo tempo, a temperatura da pele não é uniforme em todas as áreas do corpo. Existem variações em diferentes partes do corpo que refletem as variações no fluxo sanguíneo e na gordura subcutânea. A qualidade isolante da roupa também tem um efeito marcante no nível e na distribuição da temperatura da pele. Assim, a sensação de qualquer parte específica da pele dependerá do tempo, localização e vestuário, bem como a temperatura dos arredores (FROTA, 2011).

O conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliada por avaliação subjetiva (ANSI/Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy - Standard 55). A manutenção deste nível de conforto térmico para ocupantes de edifícios ou outros receptáculos é um dos objetivos do estudo de ambiência térmica.

A neutralidade térmica é mantida quando o calor gerado pelo metabolismo humano é permitido dissipar, mantendo assim o equilíbrio térmico com o ambiente. Os principais fatores que influenciam o conforto térmico são aqueles que determinam o ganho e perda de calor, ou seja, a taxa metabólica, isolamento por roupa, a temperatura do ar, a temperatura radiante, velocidade do ar e umidade relativa. Parâmetros psicológicos, como as expectativas individuais, também afetam o conforto térmico (LAMBERTS, 2014).

O índice PMV (Predicted Mean Vote) ou Voto Médio Estimado está entre os modelos de conforto térmico mais reconhecidos. Foi desenvolvido com base em princípios de equilíbrio térmico e dados experimentais coletados em uma câmara climática controlada sob condições de estado estacionário. O modelo adaptativo, por outro lado, foi desenvolvido com base em centenas de estudos de campo com a ideia de que os ocupantes interagem dinamicamente com seu ambiente. Os ocupantes controlam seu ambiente térmico por meio de roupas, janelas operáveis, ventiladores, aquecedores pessoais e protetores de sol (FANGER, 2010).

O modelo PMV pode ser aplicado em edifícios com ar condicionado, enquanto que o modelo adaptativo pode ser aplicado geralmente apenas em edifícios onde não foram instalados sistemas mecânicos. Não há consenso sobre qual modelo de conforto deve ser aplicado para edifícios que são parcialmente climatizados espacial ou temporalmente.

Os cálculos de conforto térmico de acordo com a norma ANSI/ASHRAE 55 podem ser executados livremente com a ferramenta de conforto térmico CBE para ASHRAE 55. Semelhante ao ASHRAE Standard 55 há outras normas de conforto como a EN 15251 e a norma ISO 7730.

### 2.1.1 Fatores de Conforto Térmico Humano

Segundo descreve Kowaltowski (2011), existem seis fatores determinantes a serem considerados ao se projetar um ambiente com desempenho otimizado de conforto térmico, quais sejam:

- **Taxa metabólica:** a energia gerada pelo corpo humano;
- **Isolamento de vestuário:** a quantidade de isolamento térmico que a pessoa está vestindo;
- **Temperatura do ar:** Temperatura do ar em torno do ocupante;
- **Temperatura radiante:** a média ponderada de todas as temperaturas das superfícies que cercam um ocupante
- **Velocidade do ar:** taxa de movimento do ar dada distância ao longo do tempo
- **Umidade relativa:** Porcentagem de vapor de água no ar

A taxa metabólica corresponde a taxa de transformação da energia química em calor e trabalho mecânico por atividades metabólicas de um indivíduo. É definido por unidade de área superficial da pele que é igual a  $58,2 \text{ W/m}^2$  ( $18,4 \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2$ ). Esta é a energia produzida a partir de uma área de superfície da pele da unidade de uma pessoa média sentada em repouso (CARBONARI, 2015).

A norma americana ANSI/ASHRAE 55 fornece uma tabela de taxa metabólica de diferentes atividades contínuas. Estes valores são válidos para um adulto médio com área de superfície da pele de  $1,8 \text{ m}^2$ . O padrão lembra aos usuários que eles devem usar seu próprio julgamento para combinar as atividades que estão sendo consideradas nas atividades comparáveis na tabela. Exceto as atividades sedentárias, a taxa metabólica para todas as outras atividades provavelmente terá variação. Esta variação é dependente do indivíduo executando a tarefa e seu ambiente.



Tabela 1 - Taxas metabólicas para tarefas típicas segundo a norma ASHARE/55

<b>Activit</b>	<b>Met Units</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>	<b>(Btu/h-ft<sup>2</sup>)</b>
<b>Resting</b>			
Sleeping	0.7	40	(13)
Reclining	0.8	45	(15)
Seated, quiet	1.0	60	(18)
Standing, relaxed	1.2	70	(22)
<b>Walking (on level surface)</b>			
0.9 m/s, 3.2 km/h, 2.0 mph	2.0	115	(37)
1.2 m/s, 4.3 km/h, 2.7 mph	2.6	150	(48)
1.8 m/s, 6.8 km/h, 4.2 mph	3.8	220	(70)
<b>Office Activities</b>			
Reading, seated	1.0	55	(18)
Writing	1.0	60	(18)
Typing	1.1	65	(20)
Filing, seated	1.2	70	(22)
Filing, standing	1.4	80	(26)
Walking about	1.7	100	(31)
Lifting/packing	2.1	120	(39)
<b>Driving/Flying</b>			
Automobile	1.0–2.0	60–115	(18–37)
Aircraft, routine	1.2	70	(22)
Aircraft, instrument landing	1.8	105	(33)
Aircraft, combat	2.4	140	(44)
Heavy vehicle	3.2	185	(59)
<b>Miscellaneous Occupational Activities</b>			
Cooking	1.6–2.0	95–115	(29–37)
House cleaning	2.0–3.4	115–200	(37–63)
Seated, heavy limb movement	2.2	130	(41)
Machine work			
sawing (table saw)	1.8	105	(33)
light (electrical industry)	2.0–2.4	115–140	(37–44)
heavy	4.0	235	(74)
Handling 50 kg (100 lb) bags	4.0	235	(74)
Pick and shovel work	4.0–4.8	235–280	(74–88)
<b>Miscellaneous Leisure Activities</b>			
Dancing, social	2.4–4.4	140–255	(44–81)
Calisthenics/exercise	3.0–4.0	175–235	(55–74)
Tennis, single	3.6–4.0	210–270	(66–74)
Basketball	5.0–7.6	290–440	(90–140)
Wrestling, competitive	7.0–8.7	410–505	(130–160)

Fonte: Adaptado pelo autor de ASHARE 55 (2017)

MET: unidade utilizada para descrever a energia produzida por unidade de área de uma pessoa em repouso (1 MET = 58W/m<sup>2</sup>)

Quando a duração de uma atividade é igual ou inferior a uma hora, pode-se usar uma taxa metabólica ponderada no tempo. À medida que as taxas metabólicas aumentam em mais de 1,0, a evaporação do suor torna-se um fator cada vez mais importante, e o método PMV não é totalmente responsável por esse fator.

Para Lamberts; *et al*, (1997), os fatores ambientais incluem temperatura, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar. Os fatores pessoais são o nível de atividade (taxa metabólica) e vestuário.

Rancura; Alves (2016), explicam que existem critérios definidos para diferenciação entre a temperatura mínima satisfatória para os dias quentes e sua classificação de desempenho térmico, podem ser observados nas tabelas 2 e 3 apresentadas a seguir.

Tabela 2 - Critério para classificação de desempenho térmico para o verão.

Nível de desempenho	Critério	
	Zona 1-7	Zona 8
Mínimo	$T_i, \text{máx.} \leq T_e, \text{máx.}$	$T_i, \text{máx.} \leq T_e, \text{máx.}$
Intermediário	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 1^\circ\text{C})$
Superior	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 4^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C})$ e $T_i, \text{mín.} \leq (T_e, \text{mín.} + 1^\circ\text{C})$

Fonte: Adaptado de NBR15575/2013 por Rancura; Alves (2016)

$T_i, \text{máx.}$  É o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C.  
 $T_e, \text{máx.}$  É o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C  
 $T_i, \text{mín.}$  É o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em °C.  
 $T_e, \text{mín.}$  É o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em °C.

Tabela 3 - Critério para classificação de desempenho térmico no inverno.

Nível de desempenho	Critério
	Zona 1-5
Mínimo	$T_i, \text{mín.} \geq (T_e, \text{mín.} + 3^\circ\text{C})$
Intermediário	$T_i, \text{mín.} \geq (T_e, \text{mín.} + 5^\circ\text{C})$
Superior	$T_i, \text{mín.} \geq (T_e, \text{mín.} + 7^\circ\text{C})$

\* As Zonas 6-8 não possuem critério.

Fonte: Adaptado de NBR15575/2013 por Rancura; Alves (2016)

O conforto térmico é calculado como um balanço de energia de transferência de calor. A transferência de calor através da radiação, convecção e condução são

equilibradas contra a taxa metabólica do ocupante. A transferência de calor ocorre entre o ambiente e o corpo humano, que tem uma área de 19 pés (1,81 m<sup>2</sup>). Se o calor que sai do ocupante é maior do que o calor que entra no ocupante, a percepção térmica é "fria". Se o calor que entra no ocupante é maior que o calor que sai do ocupante, a percepção térmica é "quente" (PINHEIRO; CRIVELARO, 2014).

### 2.1.2 Modelo de conforto adaptativo

O modelo adaptativo é baseado na ideia de que o clima exterior influencia o conforto interior, porque os seres humanos podem se adaptar a diferentes temperaturas em diferentes épocas do ano. A hipótese adaptativa prevê que fatores contextuais, como o acesso a controles ambientais, e a história térmica passada influenciam as expectativas e preferências térmicas dos ocupantes dos edifícios (LAMBERTS, 2014).

Conforme descreve Costa (2004), pesquisas realizadas demonstraram que os ocupantes de ambientes nos quais o conforto térmico se encontra em níveis equilibrados tendem a demonstrar melhor estado de humor e mais calma na tomada de decisões e ganhos em produtividade por parte dos ocupantes. O resultado dessa pesquisa revelou que os ocupantes de edificações bem climatizadas suportam e até mesmo preferem uma gama mais ampla de temperaturas do que os convencionais em ambientes não condicionados, já que estruturas mais isoladas apresentam temperatura distintas das condições externas naturais.

Estes resultados foram incorporados no padrão ASHRAE 55-2004 como o modelo de conforto adaptativo. O gráfico adaptativo relaciona a temperatura de conforto interior com a temperatura externa predominante e define zonas de 80% e 90% de satisfação.

O padrão ASHRAE-55/2010 introduziu a temperatura média externa prevaiente como variável de entrada para o modelo adaptativo. Baseia-se na média aritmética das temperaturas médias diárias ao ar livre não inferior a 7 e não superior a 30 dias consecutivos antes do dia em questão.

Lamberts (2014), afirma que também pode ser calculado ponderando as temperaturas com coeficientes diferentes, atribuindo importância crescente às

temperaturas mais recentes. Caso esta ponderação seja utilizada, não há necessidade de respeitar o limite superior para os dias subsequentes. Para aplicar o modelo adaptativo, não deve haver sistema de resfriamento mecânico para o espaço, e uma temperatura média prevalecente superior a 10° C e inferior a 33,5°C.

Existem basicamente três categorias de adaptação térmica, que são, a comportamental, a fisiológica e a psicológica. Essas categorias referem-se as possibilidades de percepção térmica alterada e da reação devido as experiências passadas e expectativas, e é um fator importante na explicação da diferença entre as observações de campo e as previsões de PMV (baseado no modelo estático) em edifícios ventilados naturalmente. Nestes edifícios o relacionamento com as temperaturas exteriores é duas vezes mais forte do que o previsto (FANGER, 2010).

Modelos adaptativos de conforto térmico são implementados em outras normas, como a norma europeia EN 15251 e a norma ISO 7730. Embora os métodos e resultados de derivação exatos sejam ligeiramente diferentes do padrão adaptativo ASHRAE 55, eles são substancialmente os mesmos. Uma diferença maior é a aplicabilidade. O padrão adaptativo ASHRAE só se aplica a edifícios sem refrigeração mecânica instalada, enquanto a norma EN15251 pode ser aplicado em edifícios de modo misto, desde que o sistema não esteja funcionando.

### 2.1.3 Climatização natural das edificações

Frota; Schiffer (2011), explicam que a projeção da carga térmica produzida no interior do ambiente é fundamentalmente relacionada à tomada de decisões por parte dos projetistas destes ambientes, especialmente no que se refere ao projeto arquitetônico a ser empregado, e que tem direcionamento proveniente das necessidades funcionais e humanas, considerando as especificidades climáticas para cada região.

A transformação da energia elétrica em luz tem como resultado a geração de calor termo sensível, e sofre dissipação através do fenômeno da radiação, para as superfícies mais próximas por condução, por meio dos materiais imediatos, e ainda pela convecção com o ar do ambiente (LAMBERTS, 2014).

Quando pessoas e equipamentos passam a ocupar espaços físicos constantemente e estes espaços são submetidos à exposição da radiação solar, a parte interna desses ambientes passa por uma transformação térmica em que a troca de temperaturas com o ambiente externo eleva o gradiente térmico e a sensação térmica no espaço interno da estrutura (COSTA, 2004).

A elevação de temperatura no inverno em regiões de clima quente ou durante todo o período nas regiões tipicamente frias, pode significar um elemento positivo, já a troca de calor entre os usuários e o ambiente diminuem. No período de verão, nas regiões de clima temperado ou em durante todo o ano nas regiões de clima quente, essa troca passa a ser mais constante, o que torna um fator negativo, por agravar a condição térmica ambiental nas estruturas (FROTA; SCHIFFER, 2011).

#### *2.1.3.1 Ventilação natural*

A ventilação natural é uma das formas mais econômicas de proporcionar um bom condicionamento térmico de uma edificação. A ventilação por ação dos ventos, que se realiza de forma natural, tem como desvantagens as proximidades entre as construções da área urbana. Pode ser realizada prevendo aberturas no projeto da edificação, estas devem ser aberturas que propiciem a entrada e saída de ar de forma natural, percorrendo a edificação (COSTA, 2004).

Existem algumas formas de melhoramento térmico ambiental que não são feitas naturalmente, como por exemplo a ventilação natural projetada. Outras formas de ganho em eficiência térmica de um ambiente são baseadas na instalação de materiais isolantes, como por exemplo, a lã de rocha, polietileno expandido, lã de vidro, manta de poliestileno aluminizada, etc. (COSTA, 2002).

## **2.2 Desempenho Térmico ABNT NBR 15575**

Conforme descrito na NBR 15575 publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, no ano de 2013, as edificações devem apresentar um

grupo de características responsáveis pelo atendimento às necessidades inerentes ao desempenho térmico, levando em consideração o zoneamento bioclimático a qual a edificação esteja inserida, aferida segundo as condições ao natural da edificação (LAMBERTS, 2014).

A norma NBR 15575 trata do desempenho das edificações habitacionais estabelecendo parâmetros técnicos referentes aos requisitos voltados para os desempenhos acústico e térmico, para a durabilidade da estrutura construída, garantia de uso e vida útil da edificação, determinando um nível mínimo obrigatório para cada requisito exposto. A imposição dessas regras beneficia consumidores e divide a responsabilidade entre os agentes envolvidos no processo construtivo.

A NBR 15575/2013 encontra-se subdividida em seis partes, quais sejam:

- NBR 15.575-1 - Requisitos Gerais;
- NBR 15.575-2 - Sistemas estruturais;
- NBR 15.575-3 - Sistemas de pisos;
- NBR 15.575-4 - Sistemas de vedações verticais internas e externas;
- NBR 15.575-5 - Sistemas de coberturas;
- NBR 15.575-6 - Sistemas hidrossanitários.

Kowaltowski (2011), explica que os parâmetros adotados na Norma de Desempenho de Edificações estabelecem duas metodologias de avaliação de desempenho térmico, sendo a primeira chamada de modelo simplificado, que é normativo e documental e avalia o cumprimento das especificações e diretrizes para os sistemas de vedação e cobertura da edificação. Em caso de atendimento insatisfatório, a norma recomenda para este caso a aplicação do método de simulação computacional.

O desempenho térmico de uma edificação é propiciado principalmente pelo desempenho de sua envoltória, podendo ser obtido pela média ponderada da resistência térmica dos elementos de vedação e cobertura que a compõem (CARBONARI, 2015, p. 91).

A segunda metodologia recebe a denominação de medição *in loco*, e tem como base de fundamentação a verificação do atendimento dos requisitos e

critérios, realizado por meio de medições realizadas com a obra (ou protótipo) já concluída (KOWALTOWSKI, 2011).

Estão contidas na NBR 15575, algumas delimitações, que como outros requisitos citados, estabelecem que a construção de natureza habitacional deve apresentar características que cumpram às exigências mínimas estabelecidas para o desempenho térmico, sendo então necessário que se faça uma mensuração dos valores de transmitância e capacidade térmica para os elementos que constituem as paredes de vedação externas, cobertura e pavimento (PINHEIRO; CRIVELARO, 2014).

Ainda no entendimento de Pinheiro; Crivelaro (2014), entre os itens citados, as vedações externas desempenham papel primário para o sistema construtivo em si, especialmente por ser a principal barreira contra a ação dos feixes de raios solares.

Fanger (2010), definiu conforto térmico como sendo uma condição do estado mental que é expressa pela satisfação de um indivíduo com a térmica do ambiente em que ele está. Essa definição encontra-se presente em normativas e diretrizes de conforto térmico, inclusive é citada na norma ASHRAE 55/2004, dos Estados Unidos.

No Brasil as normas que tratam do desempenho térmico de edificações são a NBR 15220 (2005) e a NBR 15575 (2013). A NBR 15220 (2005) estabelece procedimentos para o cálculo das seguintes propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações: transmitância (U), capacidade térmica (C), atraso térmico ( $\varphi$ ) e fator calor solar (FS<sub>o</sub>). Além disso, esta norma define oito zonas bioclimáticas para o Brasil e estabelece valores limites destes parâmetros para os elementos de vedação e cobertura conforme as regiões bioclimáticas, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas sem caráter normativo (CARBONARI, 2015, p. 92).

Conforme descreve Carbonari (2015), a NBR 15575 – 2013 estabelece requisitos e fatores a serem observados no desempenho térmico de edificações com até cinco pavimentos avaliando a transmitância térmica em três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

### 2.3 Desenvolvimento histórico do uso do container

Até a metade do século XIX as ferrovias eram o principal meio de transporte de carga em todos os continentes. Nelas eram transportados contentores que podiam ser transferidos para outros modais de transporte. Na Inglaterra a ferrovia ligando Liverpool a Manchester foi o principal exemplo desse fluxo mercante interno. Nesse período já eram empregadas caixas de madeira em formato retangular simples, com dimensões pré-estabelecidas, que permitia acomodar quatro unidades em cada espaço para acomodação da carga. Essas caixas eram usadas para transportar carvão das minas de Lancashire para Liverpool, onde eram transferidas para carros puxados por cavalos rebocadores (GARRIDO, 2015).

Segundo Slawik (2010), as primeiras versões de recipientes padronizados foram utilizadas na Europa antes da segunda guerra mundial. A construção destes recipientes tinha uma armação de aço com paredes de madeira, piso, telhado e portas.

O primeiro padrão internacional para contêineres foi estabelecido pela Agência Internacional de Contêineres e do Transporte Intermodal (AICT) em 1933, e um segundo em 1935, principalmente para o transporte entre países europeus. Os contêineres americanos nessa época não estavam padronizados, e esses primeiros recipientes ainda não podiam ser empilhados - nem nos EUA nem na Europa. Em novembro de 1932, o primeiro terminal de contêineres do mundo foi aberto pela Pennsylvania Rail Road Company em Enola, PA. O desenvolvimento da contêinerização foi criado na Europa e nos EUA como uma forma de revitalizar as empresas ferroviárias após a quebra de Wall Street no ano de 1929, em Nova York, resultando no colapso econômico e queda em todos os modais de transporte (SLAWIK, 2010).

Garrido (2015), explica que em abril de 1951 na estação ferroviária de Zurique Tiefenbrunnen o Museu Suíço dos Transportes e do Comitê Internacional de Containers (BIC) realizou demonstrações de sistemas de recipientes para representantes de uma série de países europeus e dos Estados Unidos. Um sistema foi escolhido para a Europa Ocidental, baseado no sistema holandês para bens de consumo e transporte de resíduos chamado Laadkisten, usado desde 1934. Este sistema usava contentores de rolos para transporte por ferrovia, caminhão e navio.



Quanto ao transporte marítimo, a partir da revolução industrial na metade do século XVIII, o mundo vivenciou o grande salto desenvolvimentista da engenharia e da indústria naval, que era o mais importante modal de transporte de bens e produtos fabricados nessa época. As tecnologias desenvolvidas ou adaptadas para a frota naval existente nesse período potencializaram esse processo, sendo a mais notável de todas, o início da produção da estrutura de cascos dos navios em ferro ou aço, o que aumentou significativamente a capacidade de carga das embarcações (GARRIDO, 2015).

A principal limitante do transporte de produtos passou a ser o espaço. Devido à grande variedade de dimensões e volumes de mercadorias manufaturadas o antigo sistema de embalagens, os tonéis, que demandavam grandes espaços nos *decks* dos navios, foi substituído por outros tipos de embalagens. Com isso, todo o sistema mundial de transporte começou a sofrer as consequências desta diversificação, aliada a falta de uma unidade padrão de medida, ocasionando enormes perdas, deteriorações e desvios de mercadorias o que afetava diretamente nos custos e no processo de operações de carga e descargas nos portos (DOMINGOS, 2014).

A idealização do contêiner ficou a cargo do empresário norte-americano do setor de transporte terrestre Malcom Purcell Mclean, que até os dias atuais é considerado o grande idealizador do modelo contemporâneo da cadeia logística de transporte de cargas. Essa criação se deu por conta da necessidade de ganho de tempo durante as etapas de carga e descarga das mercadorias transportadas que eram embarcadas nos navios cargueiros, e devido à demora por conta da não sistematização dos processos fez com que o empresário propusesse o modelo que se conhece atualmente de contêiner intermodal (SLAWIK, 2010).

Conforme explica Slawik (2010), durante quase 20 anos o empresário buscou um modelo que fosse aceito como modelo padrão para o transporte mundial, até que no mês de abril de 1956 foi efetuada a primeira viagem de um navio dentro dos moldes idealizados pelo empresário, levando os primeiros contêineres, ainda que experimentalmente, somente em águas norte-americanas, levando 58 contêineres. Desde então, essa ferramenta ganhou destaque e popularização no meio empresarial, sendo considerada a grande revolução do ramo logístico de transporte da época.

O tempo gasto no transbordo entre os meios de transporte deixou de ser contado em dias e passou a ser mensurado em horas, gerando economia significativa e conseqüentemente aumento no volume de mercadorias e produtos transportados diariamente. A partir daí as transações comerciais mundiais ganharam proporções gigantescas, o que acabou por fim, diminuindo substancialmente o custo total do transporte marítimo de cargas (DOMINGOS, 2014).

Nos dias atuais, o contêiner é o meio de acomodação de carga em recipiente mais empregado no transporte mundial de mercadorias. A estimativa é de que se tenha em operação no mundo, algo em torno de 20 milhões de contêineres, em plenas condições de atividade, representando aproximadamente 95% de tudo que é movimentado no comercial mundial, considerando todos os modais de transporte existente (GARRIDO, 2015).

### 2.3.1 O uso do contêiner na construção civil

O uso de contêineres reconicionados na construção civil é uma técnica construtiva relativamente recente no mundo, com pouca difusão no setor habitacional brasileiro, porém, com exemplos bem-sucedidos em vários países. Este sistema apresenta um enorme potencial no campo da construção sustentável, provido pela reciclagem de contêineres usados (GARRIDO, 2015).

Segundo Milaneze; *idem al* (2012), os aspectos normativos para o projeto estrutural devem ser rigorosamente aplicados para que a segurança e bem-estar dos ocupantes sejam resguardados, especialmente nos casos em que a finalidade usual é a habitação. Estudos específicos vêm sendo apresentados com base em análises de caso do uso de contêineres de transporte remodelados para a construção de casas e outras formas de ocupação.

A avaliação física e mecânica de contêineres usados não é fácil, pois alguns parâmetros mecânicos das seções de aço não comercial dos elementos que compõem os contêineres são desconhecidos, e para isso se faz necessário o estudo aprofundado quanto as características de resistência dos contêineres antes de sua aplicação na construção civil para fins de ambientação e vivencia humana (KOSKI, 2014).

## 2.4 Caracterização do Contêiner

A origem da expressão contêiner provém do latim *continere* e tem como significado algo que mantém coisas unidas, que cerca, que armazena. Essa estrutura serve como recipiente, envolvendo objetos e outros volumes em uma área espacial, estabelecendo as linhas limítrofes entre o seu interior e o ambiente externo (LOPES; BELTRAME; BELTANI, 2013).

Segundo descrevem Slawik *et al.* (2010), desde sua concepção, o contêiner foi originalmente pensado como invólucro para o transporte de cargas diversas, e com o passar do tempo passou a ser utilizado como módulo espacial para ambientes de uso humano.

A definição de Container é conforme se encontra definido no art. 4º, do Decreto nº 80.145/77, que regulamento a Lei que dispõe sobre a unitização, movimentação e transporte, inclusive intermodal, de mercadorias em unidades de carga:

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

Garrido (2015), descreve o contêiner como sendo uma caixa arquitetada e estruturada em metais resistentes, como o alumínio ou aço, ou em material sintético como a fibra, tendo sido criado primeiramente para o transporte de mercadorias e estruturalmente reforçado para garantir sua resistência e durabilidade, já que seu uso é constante e em condições climáticas extremas e oscilantes.

Na atualidade, o emprego do container é regido por uma série de normas regulamentadoras e suas dimensões são padronizadas internacionalmente pelo sistema ISO (*International Standards Organization*), abrangendo todos os elementos necessários ao processo operacional de carga e descarga em todas as etapas da cadeia logística, a qual o container está inserido (LOPES, 2013).

Os contêineres ISO são construções metálicas pré-fabricadas constituídas por estrutura com perfis e chapas de aço patinável que apresenta elevada resistência à corrosão, comumente conhecido como aço Corten. A estrutura do contêiner ISO é composta por quatro vigas inferiores e quatro superiores que se conectam por meio de pilares posicionados nos cantos, formando uma armação intertravada e rígida. Esses quatro montantes são providos de cantoneiras que auxiliam no apoio, manuseio e travamento do conjunto (CARBONARI, 2015, p. 256).

A padronização internacional da ISO (*International Standards Organization*), foi o modelo adotado pela legislação brasileira para a homologação do uso de contêineres no transporte de cargas, seguindo suas especificidades e características construtivas, passando por atualização de tempos em tempos visando a readequação em face da modernização do aparato técnico logístico, que envolve toda a cadeia multimodal de transporte.

Conforme demonstrado na tabela 4, as dimensões mais usuais são:

Tabela 4 – Dimensões padronizadas de contêineres

		Recipiente 20'		Recipiente 40'		Recipiente de 40' alto-cubo		Recipiente de 45' alto-cubo	
		Imperial	Métrico	Imperial	Métrico	Imperial	Métrico	Imperial	Métrico
Dimensões externas	Comprimento	19 '10,5 "	6,058 m	40 '0 "	12,192 m	40 '0 "	12,192 m	45 '0 "	13,716 m
	Largura	8 '0 "	2,438 m	8 '0 "	2,438 m	8 '0 "	2,438 m	8 '0 "	2,438 m
	Altura	8 '6 "	2,591 m	8 '6 "	2,591 m	9 '6 "	2,896 m	9 '6 "	2,896 m
Interiores dimensões	Comprimento	19 '3 "	5,867 m	39 "5 45 / 64"	12,032 m	39 '4 "	12.000 m	44 '4 "	13,556 m
	Largura	7 '8 19 de / 32 "	2,352 m	7 '8 19 de / 32 "	2,352 m	7 '7 "	2,311 m	7 '8 19 de / 32"	2,352 m
	Altura	7 '9 57 / 64 "	2,385 m	7 '9 57 / 64 "	2,385 m	8 '9 "	2.650 m	8 '9 15 / 16 "	2,698 m
Abertura de porta	Largura	7 '8 1/8 "	2,343 m	7 '8 1/8 "	2,343 m	7 '6 "	2,280 m	7 '8 1/8 "	2,343 m
	Altura	7 '5 3/4 "	2,280 m	7 '5 3/4 "	2,280 m	8 '5 "	2,560 m	8 '5 49 / 64 "	2,585 m
Volume interno		1,169 ft <sup>3</sup>	33,1 m <sup>3</sup>	2,385 ft <sup>3</sup>	67,5 m <sup>3</sup>	2.660 ft <sup>3</sup>	75,3 m <sup>3</sup>	3.040 ft <sup>3</sup>	86,1 m <sup>3</sup>
Peso bruto máximo		66.139 lb	30.400 kg	66.139 lb	30.400 kg	68.008 lb	30.848 kg	66.139 lb	30.400 kg
Peso vazio		4,850 lb	2.200 kg	8,380 lb	3.800 kg	8,598 lb	3.900 kg	10,580 lb	4,800 kg
Carga líquida		61,289 lb	28.200 kg	57,759 lb	26.200 kg	58,598 lb	26.580 kg	55,559 lb	25,600 kg

Fonte: Adaptado pelo autor de Brasil (1987).

Os modelos apresentados na tabela 4, são os empregados na navegação comercial mundial e apresentam peso e dimensões padronizados. Os valores variam ligeiramente de fabricante para fabricante, mas devem permanecer dentro das tolerâncias ditadas pelos padrões.

Conforme demonstrado na tabela 4, as dimensões básicas e os pesos brutos permitidos dos contêineres são definidos especificamente por dois padrões normativos ISO:

- ISO 668: 2013 Série 1 contentores de carga-Classificação, dimensões e classificações;
- ISO 1496-1: 2013 Série 1 contentores de mercadorias - Especificação e teste - Parte 1: Contentores de carga geral para fins gerais.

## 2.5 Durabilidade e Manutenibilidade

Segundo descreve a NBR 6118 de 2003, “Vida Útil de Projeto” é o período de tempo que as estruturas devem manter suas características, atendendo os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e construtor.

Nenhum material é propriamente durável. Como resultado de intervenções ambientais, a microestrutura e, suas propriedades mudam com o tempo, um material atinge o fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob determinadas condições de uso, tiverem se deteriorado de tal forma que a continuação de sua utilização se torna insegura e antieconômica (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

São oferecidas diretrizes para as definições dos prazos mínimos de garantia por parte dos construtores e incorporadores. Já os prazos mínimos de VUP para cada sistema da edificação são definidos conforme tabela abaixo:

Tabela 5 – Parâmetros de Vida útil de Projeto

<b>SISTEMA/VUP MÍNIMA</b>	<b>ANOS</b>
Estrutura	≥ 40
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura Hidrossanitário	≥ 20
Pisos internos	≥ 13

Fonte: Adaptada pelo autor de NBR 15575

Para paredes de vedação a NBR 15575, apresenta a vida útil de projeto em três níveis de desempenho. O primeiro é o nível mínimo (M) sendo maior igual a 25 anos, nível Intermediário (I) maior igual a 35 anos, e por último o nível Superior (S) sendo maior igual a 50 anos.

O conceito de vida útil aplica-se a estrutura como um todo ou suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo (ABNT 6118, 2003).

Tomando-se como referência o CEB/FIP *Model Code*, por vida útil entende-se o período de tempo no qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções para qual foi projetada sem necessidades de intervenções não previstas, ou seja, as operações de manutenções previstas e especificada ainda na fase de projeto, fazem parte do período total de tempo durante o qual se admite que a estrutura esteja cumprindo bem sua função.

#### 2.5.1 Classificação da agressividade ao meio ambiente

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto. A classificação da agressividade do ambiente, com base nas condições de exposição da estrutura e suas partes, devem levar em conta o micro e macro clima atuantes sobre a obra e suas partes críticas (REVISTA TÉCNICA, 2013).

A classificação da agressividade do meio ambiente às estruturas de concreto armado e protendido pode ser avaliada, simplesmente para fins de projetos correntes, segundo as condições de exposição das estruturas ou de suas partes. A tabela 6 demonstra com clareza essas classes.

Tabela 6 – Classes de agressividade ambiental

<b>Classe de agressividade ambiental</b>	<b>Agressividade</b>	<b>Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto</b>	<b>Risco de deterioração da estrutura</b>
I	Fraca	Rural / Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana <sup>1,2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup> / Industrial <sup>1,2)</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>1,3)</sup> / Respingos de maré	Elevado

Fonte: Adaptado pelo autor de ABNT NBR 6118, (2003)

1) Pode-se admitir um micro clima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas dormitórios) ou úmidos revestidos (cozinha, banheiros e áreas de serviço com concreto revestido de argamassa e pintura).

2) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em regiões de clima seco com umidade relativa do ar menor ou igual a 65% permanentemente, partes das estruturas protegidas da chuva em ambiente predominantemente seco.

3) Ambientes quimicamente agressivos tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

## 2.6 Esforços de engenharia e o clima no Brasil

Com a chegada da NBR 15220-3 (ABNT 2005), que trata do desempenho térmico necessário para as edificações, passou-se a adotar um modelo padrão no planejamento e execução de edificações. Entre as inovações sentidas, a definição de características e técnicas construtivas direcionadas ao fomento e modernização da edificação de modo a potencializar seu desempenho térmico, considerando que a parametrização foi definida com base nas peculiaridades e características das zonas bioclimáticas brasileiras, restando ao projetista se ater a qualidade ambiental desejada, e dessa forma materializar o que se tem em projeto (LAMBERTS, 2014).

Conforme explica Lamberts (2014), nas regiões predominantemente quentes, a engenharia deve contribuir para minimizar a diferença entre as temperaturas externas e internas do ar. Um desempenho térmico satisfatório da arquitetura, com a utilização apenas de recursos naturais, pode não ser possível em condições climáticas muito rígidas.

Mesmo nesses casos, devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois, assim, pode-se reduzir a potência necessária dos

equipamentos de refrigeração ou aquecimento, visto que a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente resultará menor (LAMBERTS, 2014).

Há também a possibilidade de não ser preciso o uso contínuo desses equipamentos nas épocas do ano cujas condições térmicas climáticas não sejam tão severas. Outro fator a se considerar no projeto é o tamanho das aberturas. Já que não há conveniência de ventilação, pode-se ter pequenas aberturas, o que também facilitará a sua proteção de excessiva radiação solar direta (FROTA; SCHIFFER, 2011).

Conforme descrevem Frota; Schiffer (2011), quanto à proteção da radiação solar direta, é vantajoso terem-se soluções arquitetônicas onde as construções sejam as mais compactas possíveis, para possibilitar que menores superfícies fiquem expostas tanto à radiação quanto ao vento, que normalmente, em clima seco, traz também consigo poeira em suspensão. As edificações, no conjunto urbano, podem ser pensadas de modo a se adotar em partidos onde estejam locadas aglutinadas, para fazer sombras umas às outras.

O uso da água como elemento de alteração de microclimas também pode ser incorporado às construções, principalmente se localizadas nos pátios internos. Se as condições desses pátios forem tais que permitam que as paredes laterais opostas se auto sombreiem em partes do dia, é possível criar condições microclimáticas bastante agradáveis nesses espaços, já que a maior umidade do ar resultará também em melhores condições térmicas (LAMBERTS, 2014).

Alguns cuidados devem ser tomados quanto ao revestimento do solo em volta das construções e ao longo dos percursos de pedestre. Materiais que reflitam muito a radiação solar ou que tenham grande poder de armazenar calor devem ser evitados nas superfícies externas, principalmente em climas úmidos, pois, à noite, o calor armazenado, ao ser devolvido para o ar, dirigir-se-á tanto para o interior como para o exterior das edificações (FROTA; SCHIFFER, 2011).

Segundo explicam Sabbatini; Franco; Barros (2009), a pintura externa das construções em climas quentes deve ser preferivelmente de cores claras, pois essas refletirão mais a radiação solar e, portanto, menos calor atravessará os vedos.



### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada é a pesquisa de campo quantitativa de natureza exploratória experimental. A base teórica contou com uma pesquisa bibliográfica embasada em livros técnicos e científicos, artigos acadêmicos e publicações mercadológicas sobre os materiais empregados no experimento.

Para a execução dos procedimentos foram realizados experimentos *in loco* simulando, em escala real, o conforto térmico no contêiner através do emprego de 3 tipos de materiais isolantes, que foram a Manta Térmica de alumínio, a lã de vidro e placas OSB (*Oriented Strand Board*). Foi empregado o modelo adaptativo constante na norma NBR 15575 - 4, com base na simulação de dia típico de projeto, com análise de valores máximos diários de temperatura sem considerar a ocupação e ganho térmico no ambiente interno do contêiner.

O presente estudo foi realizado durante os dias 24 de outubro e 05 de novembro de 2017, no período de transição entre as estações climáticas predominantes no Tocantins. O contêiner utilizado no estudo foi alocado em uma área pública municipal na quadra 810 sul em Palmas – Tocantins, com localização na coordenadas 10°14'10.79" de latitude Sul e 48°18'50.59" de longitude Oeste, e cota de altitude de 245 metros, em terreno descampado sem proteção vegetal ou qualquer tipo de cobertura ou estrutura que sombreasse o ambiente de estudo.

Figura 1 – Área de Locação do Contêiner na quadra 812 Sul



Fonte: Adapto pelo autor de Google Earth (2017)

As aferições foram realizadas entre os dias 24 de outubro e 02 de novembro de 2017. Os registros de temperatura externa e interna do contêiner se deram a cada hora no intervalo de 36 horas consecutivas de medição, para que fossem coletadas as variações de temperatura no ambiente interno do contêiner e posterior comparação com a temperatura externa equivalente, ou seja, a temperatura aferida fora do contêiner simultaneamente à temperatura interna aferida.

O equipamento utilizado foi a Estação base USB óptica HOBO do tipo pendente e o acoplador óptico (Pendant Coupler). A estação base e o acoplador de suspensão se comunicam via infravermelho óptico, com imediato lançamento e leitura dos dados registrados. A Estação Base é ligada via USB ao computador, enquanto o Acoplador repassa os dados do registrador para a Estação Base.

Figura 2 - Contêiner posicionado no local de estudo



Fonte: Do autor (2017)

O contêiner utilizado, mostrado na figura 2, segue o padrão mundial de elemento de transporte marítimo e tem as seguintes dimensões em milímetros (mm) especificados na tabela 6, a seguir:

Tabela 7 – Dimensões do contêiner padrão mundial 20”

	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>
Medida Externa	6.058	2.438	2.591
Medida Interna	5.910	2.340	2.388
Entrada		2.346	2.282

Fonte: Slawik; Bergmann; Buchmeier; Tinney (2010).

O local escolhido para a locação do contêiner não apresenta sombreamento durante o dia, nem qualquer edificação nas proximidades que pudesse interferir na incidência solar e demais elementos climáticos.

O transporte do contêiner do pátio da empresa de locação até o local escolhido para o estudo foi realizado por caminhão “munck”, que realizou o içamento, transporte e descarregamento do contêiner após o nivelamento da área de estacionamento da estrutura.

A tabela 7 apresenta a capacidade de carga e volume do contêiner do tipo padrão 20”, que é o modelo mais utilizado ao redor do mundo.

Tabela 8 – Capacidade de carga e volume do Container padrão mundial 20”

<b>Especificação</b>	<b>Total</b>
Capacidade Cúbica m3	33.2
Peso Máximo Total kg	24.000
Tara kg	2.080
Carga kg	21.920

Fonte: Slawik; Bergmann; Buchmeier; Tinney (2010).

Inicialmente foram aferidas as temperaturas externas e internas do contêiner estático, estacionado em área aberta conforme visto na figura 3, sem nenhum material isolante por um período de 36 horas. Em seguida foi instalada a manta térmica de alumínio e novamente feita a aferição por 72 horas. O processo se repetiu com a instalação das placas OSB e Lã de Vidro, que também passaram pelo processo de medição de temperatura pelo mesmo período de 72 horas consecutivas e registro a cada hora.

Figura 3 – Equipamento de aferição interna



Fonte: Do autor (2017)

O equipamento de aferição de temperatura interna foi instalado a 1,2 metro de altura como visto na figura 4, conforme especificado em norma.

Figura 4 - Instalação do equipamento em altura padrão



Fonte: Do autor (2017)

Para garantir que os dados fossem preservados, a unidade foi descarregada e recalibrada ao longo da execução das aferições. O contêiner utilizado na pesquisa

está em perfeitas condições de uso, sem apresentar ferrugens ou qualquer tipo de patologia em sua estrutura. Para minimizar o efeito de flutuações de temperatura devido à abertura e fechamento das portas do recipiente, as mesmas foram mantidas fechadas durante a aferição, sendo aberta somente no momento de troca dos materiais, não deixando a mesma aberta por longo período.

A estação de aferição foi colocada no centro do contêiner para evitar possível interferência externa com a abertura da porta, minimizando pequenas flutuações decorrentes da abertura da porta para troca dos materiais termo-isolantes.

Características do equipamento de aferição:

- $\pm 1^{\circ}$  C precisão;
- Capacidade de armazenamento de 16000 pontos de dados;
- Intervalo de gravação variável 10 segundos - 24 horas;
- Alta resistência térmica interna;
- Duração da bateria potencialmente superior a um ano, conforme o intervalo de gravação usado.

Figura 5 – Equipamento para aferição de temperatura externa Pendant Coupler



Fonte: Do autor (2017)

A figura 4 mostra a Estação base USB óptica HOB0 para pendente e o acoplador óptico, que fornecem comunicação rápida infravermelha (IR) para gravação e leitura dos dados aferidos no contêiner.

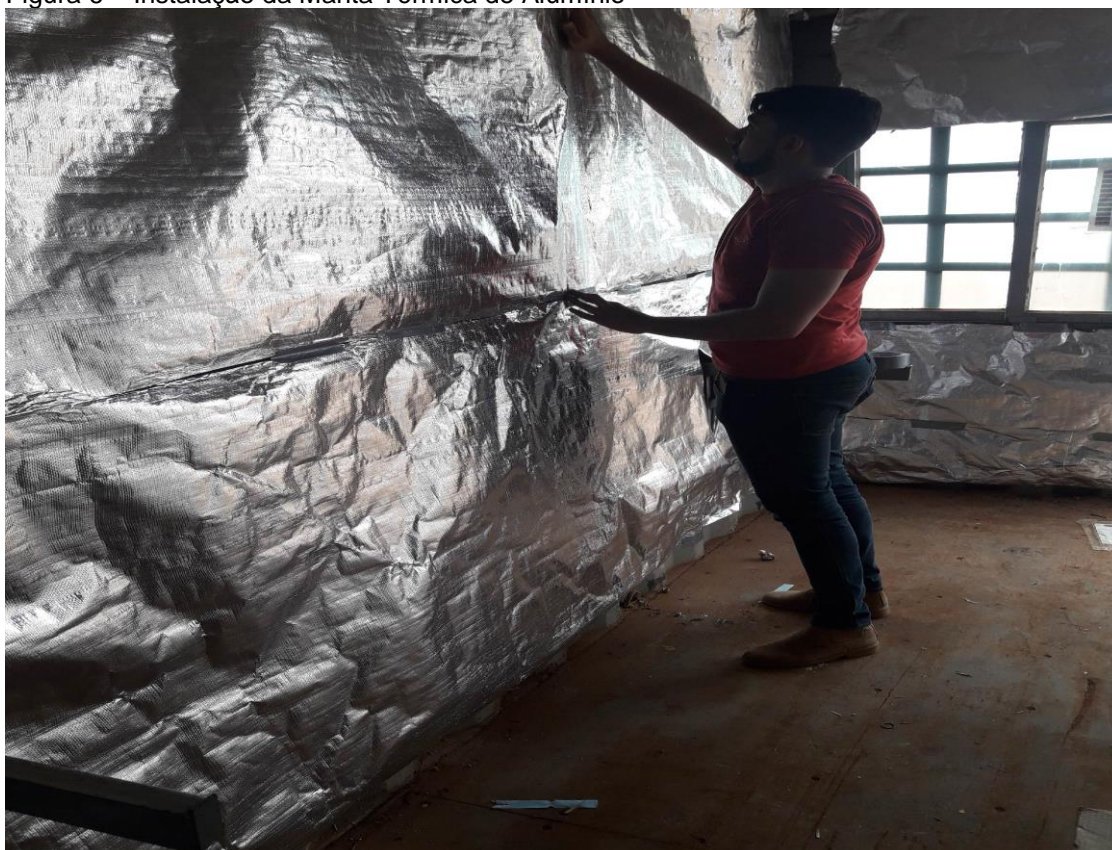
A metodologia empregada para a aferição baseou-se no método simplificado que tem como fundamentação os métodos apresentados nas NBR's 15220 e 15575.

### 3.1 Descrição dos materiais

#### 3.1.1 Manta Térmica

Foram utilizados 42 m<sup>2</sup> de Manta Térmica de Alumínio de Subcobertura, que tem em sua composição uma entrelaçado de fibra com fios de vidro em malha de reforço, aglutinados com material polímero especial, e revestido em dupla face com alumínio.

Figura 6 – Instalação da Manta Térmica de Alumínio



Fonte: Do autor (2017).

A principal vantagem desse material é a maior estabilidade dimensional quando submetido a temperaturas elevadas, maior tempo e vida útil e facilidade de instalação e manutenção.

### 3.1.2 Placas OSB (Oriented Strand Board)

Foram utilizadas 12 placas OSB com dimensões de 2,20 m X 1,22 m X 8 mm, distribuídas em alinhamento.

Figura 7 – Placas OSB instaladas



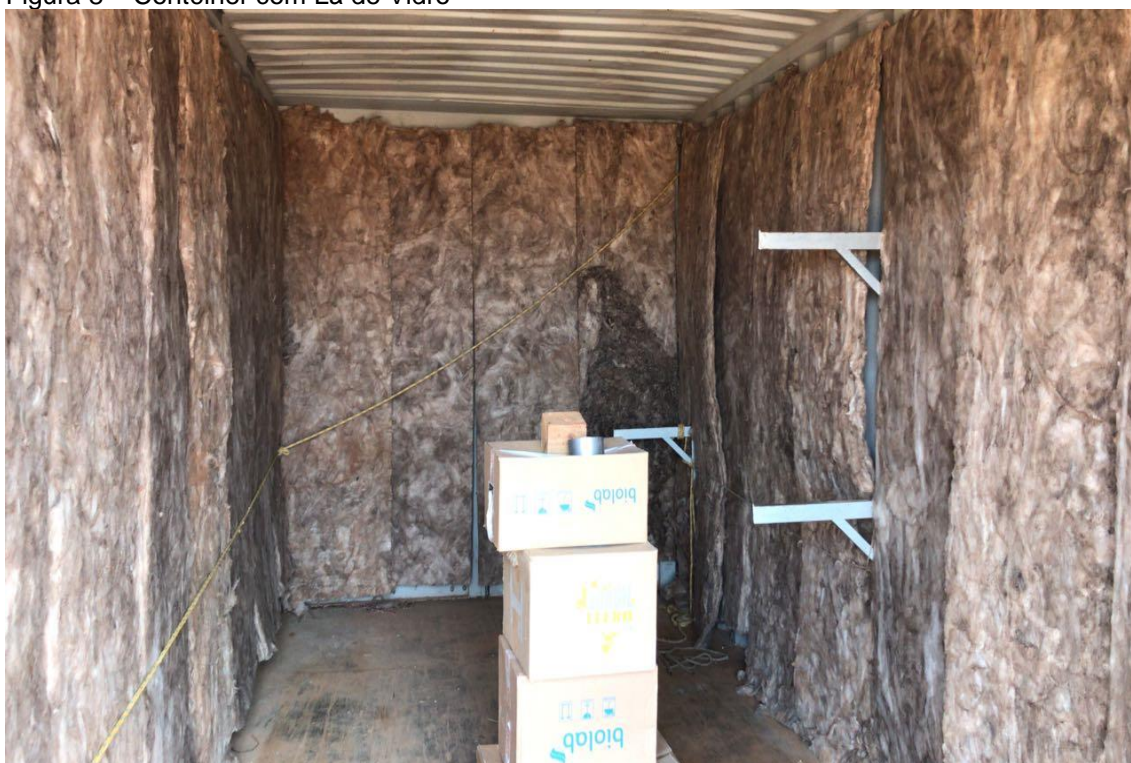
Fonte: Do autor (2017)

A figura 7 mostra o contêiner após a instalação das placas OSB e com o equipamento de aferição posicionado para a coleta dos dados. As placas OSB foram posicionadas na vertical, de forma que a instalação os ajustes e a retirada fossem facilitadas.

### 3.1.3 Lã de Vidro

Para a aferição da temperatura com a Lã de vidro foram instalados 43 m<sup>2</sup> do material.

Figura 8 – Contêiner com Lã de Vidro



Fonte: Do autor (2017)

Para que se chegasse a esse modelo proposto, foram considerados fatores como o déficit de habitação no Brasil, a necessidade de emprego de modelos alternativos para moradia, uso de técnicas construtivas não convencionais sem que se deixasse de lado a preocupação com as características climáticas regionais como principal barreira para adoção dos contêineres como espaço para moradia urbana.

Nesse sentido, serão pesquisados os itens burocráticos e os ritos processuais necessários para viabilizar a adoção da casa contêiner na cidade de Palmas – Tocantins. Para que se alcance os objetivos estabelecidos no presente projeto será seguido o seguinte percurso metodológico:



- Levantamento e estudo da literatura disponível sobre container, e sua usabilidade como habitação e o apelo ambiental relacionado ao reaproveitamento dessas estruturas;
- Instalação dos materiais a serem testados como isolantes térmicos e aferição dos parâmetros de ambientação térmica para cada um dos modelos a serem experimentados;
- Determinação do material com melhor desempenho na melhoria da ambientação térmica do contêiner.

Os equipamentos a serem empregados na etapa de aferição dos parâmetros de ambientação térmica são os seguintes:

Na aferição da temperatura ar, foi utilizado um registrador de temperatura do tipo “*datalogger*”. Esse equipamento opera num gradiente de temperatura oscilando entre 20°C negativo e 70°C positivo, com faixa de variação de umidade relativa do ar de 5% a aproximadamente 95% e margem de acerto de 99,7%.

Esse equipamento foi instalado na parte interna dos contêineres cada vez que o material testado como isolante térmico foi alterado, e posteriormente recalibrado para nova aferição.

Os instrumentos instalados internamente serviram para compreender as principais discrepâncias entre o ambiente externo e o ambiente interno, considerando área útil, e a altura média do pé direito (circulação interna).

### **3.2 Especificação técnica do contêiner adaptado para moradia**

A adaptação do contêiner exige que seja feito um detalhamento preciso quanto aos materiais empregados bem como alguns detalhes de cada etapa da adaptação estrutural, de forma que todos os itens de segurança construtiva sejam garantidos, e dessa forma a instalação dos materiais de isolamento térmico não venha a comprometer a vedação do contêiner.

Figura 9 - Contêiner em especificações padrão



Fonte: Google imagens (2017)

Conforme visto no modelo apresentado na figura 9, o container empregado na pesquisa foi o padrão mundialmente aplicado nos modais logísticos, já que o referido é encontrado em descarte em grande quantidade nas cidades portuárias do mundo, favorecendo ainda mais sua adequação como moradia.

Figura 10 – Locação do equipamento de aferição em altura normatizada



Fonte: Do autor (2017)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características Climáticas de Palmas - Tocantins

O clima de Palmas é predominantemente tropical, com duas estações distintas, que são o período de seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março, com índices de pluviosidade mais altos no verão e chuvas escassas no inverno. A temperatura média anual da cidade é 26.7 °C e seu índice pluviométrico médio anual é de 1760 mm. No decorrer do ano as temperaturas médias variam em até 2.1°C. Historicamente, o mês de setembro é o que apresenta a média mais alta (28.0°C), e o mês de junho com 25.9 °C apresenta a menor média mensal.

A média mensal de umidade relativa do ar mais baixa é registrada no mês de julho com precipitação na casa de 1 mm. Durante o mês de janeiro a média de precipitação é de 296 mm, sendo então o mês com maior média de precipitação, e por isso com maior umidade relativa mensal. A tabela 8 apresenta os dados relativos as médias anuais climáticas para Palmas:

Tabela 9 - Médias climáticas de Palmas - Tocantins

Temperaturas aferidas	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Temperatura média (°C)</b>	26.4	27	26.9	26.7	26.5	25.9	26	27.1	28	27.3	26.6	26.5
<b>Temperatura mínima (°C)</b>	21.4	22.2	22.6	21.2	19.9	18.3	18.1	19.5	21.3	21.8	21.6	21.2
<b>Temperatura máxima (°C)</b>	31.4	31.8	31.3	32.3	33.1	33.5	33.9	34.7	34.7	32.8	31.7	31.8
<b>Chuva (mm)</b>	296	266	273	145	40	6	1	7	52	158	227	289

Fonte: Adapto pelo autor de INPE (2017).

O resultado a seguir é proveniente da pesquisa de campo que investigou a viabilidade técnica de aplicação de Container marítimo como uma solução para novas possibilidades construtivas voltadas para a acomodação de pessoas, seja

com a finalidade habitacional ou comercial. Os dados demonstrados a seguir dizem respeito a aferição do contêiner marítimo alugado para essa finalidade, iniciando o registro sem a instalação de material isolante térmico e posteriormente com a instalação da manta térmica de alumínio, Placas em OSB e por último com lã de vidro. O foco da comparação foi o desempenho térmico dos materiais no isolamento térmico conforme determina a norma NBR 15.575 – 4.

#### 4.2 Aferição sem Isolamento Térmico

A tabela 10, traz os dados relativos a aferição do ambiente interno do contêiner sem a instalação de material termo isolante e do ambiente externo equivalente.

Tabela 10 - Aferição sem isolamento térmico - Máxima e Mínima

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Int.</b>	<b>Temp. Ext.</b>
10/24/17	14H0min0s	40,497	39,238
10/25/17	05H0min0s	26,554	26,977

Fonte: Do autor (2017)

Ficou demonstrado na tabela 10, os dados aferidos relativos ao ambiente externo sem a instalação de qualquer elemento com a finalidade de proporcionar o isolamento térmico do contêiner.

A aferição do ambiente interno sem a aplicação de elemento isolante térmico demonstrou que o gradiente de temperatura não se manteve homogêneo, ou seja, em determinados momentos de registro a temperatura interna do contêiner se encontra superior a temperatura externa aferida, o que demonstra a influência dos fatores climáticos externos ao ambiente quando não há isolamento térmico no mesmo.

A norma ASHRAE 55, que trata das Condições ambientais térmicas para ocupação humana e estabelece uma tabela de taxas de rendimento para uma variedade de atividades em relação ao conforto térmico ambiental. Os valores

adotados são 0,7 para dormir, 1,0 para posição sentada ou estática, entre 1,2 e 1,4 para atividades leves e moderadas em pé, e acima de 2,0 para atividades que envolvam esforço físico proveniente de movimentação, mobilidade ou operação de máquinas e equipamentos. Para a atividade intermitente, o Padrão afirma que é permitido usar uma taxa metabólica média ponderada no tempo se os indivíduos estiverem realizando atividades que variam ao longo de um período de uma hora ou menos. Para períodos mais longos, diferentes taxas metabólicas devem ser consideradas.

No caso da casa contêiner, sem a instalação dos materiais de isolamento térmico do ambiente interno, a acomodação humana fica totalmente comprometida nos dias mais quentes, já que os picos de temperatura aferidos ultrapassam os valores estabelecidos na norma NBR 15775/2013 para o conforto térmico de ambientes.

O contêiner sem isolamento térmico não atende a exigência da referida NBR, já que as condições térmicas no interior do mesmo não são iguais ou melhores que o ambiente externo, conforme citado no item A.2 da normativa.

### 4.3 Aferição com Manta Térmica

A seguir, são expostos na tabela 11, os dados relativos as temperaturas máxima e mínima após a aferição do ambiente interno e externo do contêiner com a utilização da Manta Térmica de Alumínio como elemento de isolamento térmico.

Tabela 11 - Aferição do ambiente com Manta Térmica - Máxima e Mínima

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Int.</b>	<b>Temp. Ext.</b>
10/28/17	06H0min0s	27,395	24,460
10/29/17	15H0min0s	42,827	39,131

Fonte: Do autor (2017)

Na tabela 11, são apontados os números relativos ao ambiente externo e interno do contêiner no momento da aferição com aplicação da Manta Térmica de Alumínio.

Percebe-se que há um alinhamento na temperatura aferida, com alguns pontos de aproximação entre os gradientes medidos. O ambiente interno do contêiner se manteve com a temperatura acima da temperatura externa em todos os registros, com algumas aproximações nos horários com maior incidência solar, demonstrando que a Manta Térmica de Alumínio apresenta comportamento não benéfico ao ocupante do contêiner, ainda que a diferença de temperatura se mantenha aproximada em algumas faixas de sazonalidade climática.

A manta térmica no contêiner apresentou efeito oposto ao ganho de calor por absorção da radiação solar incidente, atuando como um condutor de calor, liberando calor no ambiente interno quando o ambiente externo apresenta queda de temperatura. O material cria um retardo de dissipação de energia entre as temperaturas interna e externa, em relação à quantidade de massa térmica interna.

O emprego desse material como isolante térmico não atende os requisitos expostos na NBR 15575 no tocante as exigências de desempenho em dia típico de projeto, já que as temperaturas aferidas no interior do contêiner após a instalação da manta térmica se mantiveram acima da temperatura externa.

#### 4.4 Aferição com Placas OSB

A tabela 12 representa os valores obtidos com a aferição da temperatura no ambiente interno do contêiner após a instalação das placas OSB, e paralelamente a aferição do ambiente externo equivalente.

Tabela 12 - Aferição do ambiente com Placas em OSB - Máxima e Mínima

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Int</b>	<b>Temp. Ext</b>
10/31/17	07H0min0s	22,726	26,736
11/02/17	12H0min0s	34,813	40,956

Fonte: Do autor (2017)

Os números apontados na tabela 12 fazem referência ao registro da temperatura aferida no ambiente interno do contêiner após a instalação das placas OSB bem como do ambiente externo equivalente.

Os dados aferidos foram confrontados entre si e posteriormente organizados em gráfico para a análise dos mesmos.

As placas OSB se mostraram como os elementos com melhor desempenho de isolamento térmico. Com esse material isolante a diferença de temperatura entre o ambiente interno do contêiner e o ambiente externo equivalente foi a mais acentuada em todos os *timers* de registro. Os gradientes de temperatura se mantiveram em alinhamento sem que houvesse sobreposição, ou seja, a temperatura interna se manteve sempre abaixo da temperatura aferida externamente, e ainda apresentando pouca variação decorrente de interferências climáticas no local de acomodação do contêiner.

#### 4.5 Aferição com Lã de Vidro

A seguir, é apresentada a tabela 13, com os dados provenientes da aferição do ambiente interno do contêiner e a temperatura externa equivalente, com utilização da Lã de Vidro como componente de isolamento térmico.

Tabela 13 - Aferição do ambiente interno – com Lã de Vidro

<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Temp. Int.</b>	<b>Temp. Ext.</b>
11/04/17	05H0min0s	23,569	26,398
11/05/17	14H0min0s	39,615	44,368

Fonte: Do autor (2017)

Os dados obtidos com a aferiação do ambiente interno após a instalação da lã de vidro foram confrontados com os dados da aferiação do ambiente externo equivalente, e assim ficou denotado que em determinadas faixas de temperatura os gradientes se aproximam, o que demonstra a interferência do ambiente externo no comportamento do material em determinados horários.

Conforme observado na variação de temperatura aferida, constatou-se que a lã de vidro desempenha um papel de barreira em relação a transferência de calor da placa de aço do contêiner para o ambiente interno, o que possibilita uma suave

redução na temperatura interna e conseqüentemente na sensação térmica de quem se encontra no interior do contêiner. A desvantagem da lã de vidro e o valor do material, já que o custo de aquisição é mais alto que os demais materiais.

#### 4.6 Comparativo entre os modelos

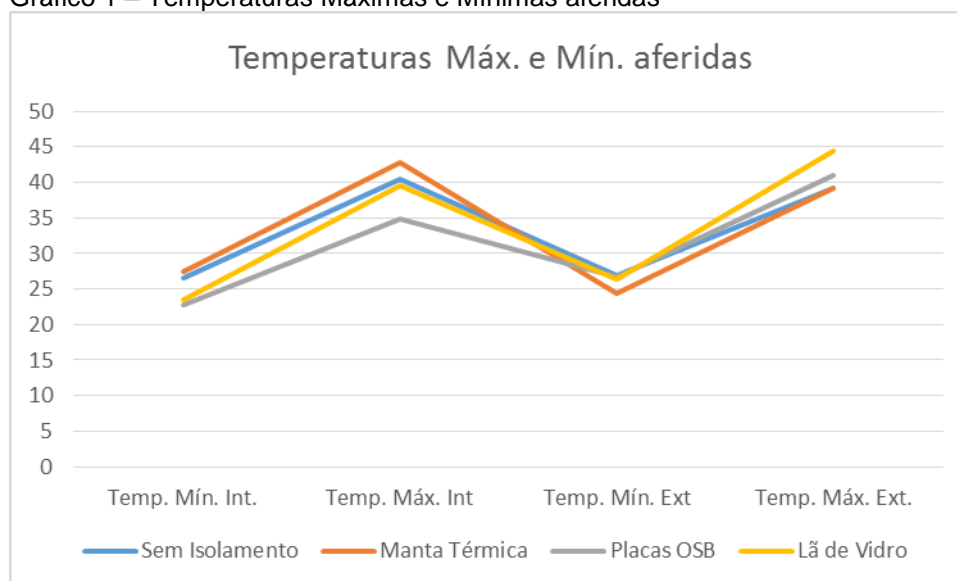
A tabela 14 apresenta uma formação dos dados aferidos sem a instalação de qualquer material termo isolante e com a instalação dos três materiais utilizados na pesquisa de campo.

Tabela 14 – Temperaturas mínimas e máximas aferidas com e sem isolamento térmico

	Temp. Mín. Int.	Temp. Máx. Int.	Temp. Mín. Ext.	Temp. Máx. Ext.
Sem Isolamento	26,554	40,497	26,977	39,238
Manta Térmica	27,395	42,827	24,46	39,131
Placas OSB	22,726	34,813	26,736	40,956
Lã de Vidro	23,569	39,615	26,398	44,368

Fonte: Do autor (2017)

Gráfico 1 – Temperaturas Máximas e Mínimas aferidas



Fonte: Do autor (2017)

Conforme demonstrado no gráfico, a aferição com manta térmica apresentou a maior temperatura mínima interna e máxima interna, estando acima, inclusive, do



ambiente interno do contêiner sem a instalação de qualquer material termo isolante. Com as Placas OSB foi registrada a menor temperatura mínima interna e menor temperatura máxima interna, o que demonstra a eficiência desse material como termo isolante para o contêiner.

#### **4.7 Interferências na aferição**

Durante a realização da pesquisa ocorreram duas precipitações. O aferimento da temperatura do ambiente externo do contêiner e interno sem a instalação de material para o devido isolamento térmico no interior do contêiner, bem como após a instalação dos mesmos, não sofreu, portanto, interferências significativas dos fatores climáticos ou fenômenos naturais que pudessem comprometer as informações coletadas.

## 5 CONCLUSÃO

Conforme visto na literatura, em decorrência da sua forma e material, os contêineres podem ser facilmente modificados para atender a qualquer propósito. Por se tratar de estruturas projetadas para serem empilhadas em colunas elevadas, o mesmo pode ser feito na sua reutilização como elemento construtivo.

Eles também são projetados para resistir aos ambientes agressivos, como em embarcações oceânicas que sofrem com a ação da salinização ou ainda nas trepidações quando transportados por via rodoviária. Devido à sua alta resistência, os contêineres demoram a apresentar sinais de desgaste devido a ação do tempo e pelas condições climáticas extremas a qual são submetidos.

O uso de contêineres como material de construção tem crescido em popularidade ao longo dos últimos anos devido à sua força inerente, ampla disponibilidade e custo relativamente baixo.

O emprego desses elementos como alternativa para construção de habitações se tornou uma realidade no Brasil, mas que já vem sendo adotado por outros países há mais tempo. O grande fator de limitação para a adoção de contêineres adaptados como moradia no Brasil é a alta média de temperatura registrada em algumas regiões do país. Contudo, a utilização de materiais com capacidade de isolamento térmico satisfatório se faça possível que tal empecilho seja contornado e a efetivação do contêiner como elemento construtivo passe a ser uma opção primária, haja vista sua grande disponibilidade em zonas portuárias somada ao baixo custo e facilidade de manuseio.

Conforme demonstrado na pesquisa, em que foram testados a Manta Térmica de Alumínio, Placas OSB (*Oriented Strand Board*) e Lã de Vidro, todos esses elementos apresentaram desempenho satisfatório, com destaque para as placas OSB que demonstraram melhor performance que os demais.

Sendo assim, pôde-se concluir que esses materiais isolantes são capazes de manter o ambiente interno do contêiner condizente com as necessidades de conforto térmico necessário para as atividades humanas e assim, viabilizar a utilização do contêiner em larga escala, devendo adotar tão somente elementos de climatização artificial associada a um bom projeto de ventilação natural.

## REFERÊNCIAS

ASHRAE. **Ashrae Standard 55/1992 – Thermal environmental conditions for human occupancy.** 1997.

BORGES, R. M. **Análise de desempenho térmico e acústico de unidades habitacionais construídas no conjunto habitacional Benjamin José Cardoso em Viçosa-MG.** Dissertação. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Viçosa – MG: UFV, 2013.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152: Níveis de Ruídos para conforto acústico.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-2013. Norma de Desempenho - Conforto Térmico.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 1161 – 1984: Dispositivos de Canto – Especificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 1496-1 – 1990: Contêineres gerais para propósitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 5973: Tipos de Contêineres - Classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 5978: Padronização. NBR ISO nº 5979: Terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 6346 – 1995: Códigos, Identificação e Marcação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO nº 668: Contêineres Séries 1 – Classificação, Dimensão e Capacidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

CARBONARI, Luana Toralles; BARTH, Fernando. Reutilização de contêineres padrão ISO na construção de edifícios comerciais no sul do Brasil. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 255-265, dez. 2015

CARBONARI, Luana Toralles. **Reutilização de contêineres ISO na arquitetura: aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico em edificações no sul do Brasil.** Dissertação de Pós-Graduação. Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis: UFSC, 2015.

COSTA, Ennio Cruz da. **Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural.** São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

COSTA, Ennio Cruz da. **Física aplicada à construção: conforto térmico.** 4 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DOMINGOS, Bruno Eduardo Mazetto. **Métodos para o conforto térmico e acústico em habitações de contêineres**. Dissertação de Pós-Graduação em Projeto Arquitetônico: Composição e Tecnologia do Espaço Construído. Londrina - PR: UEL, 2014.

FANGER, P. O. **Conforto Térmico – Análise e aplicações em engenharia**. Copenhagen: Technical Press, 2010.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2011.

GARRIDO, Louis De. **Arquitetura Sustentável para Contêineres**. São Paulo: Ed. Morisa, 2015.

KOSKI, Gabriela Andrade. **A adaptação do contêiner na arquitetura residencial: o estudo de tipologias flexíveis e modulares**. Trabalho de Conclusão de Curso. VILA VELHA – ES: UVV, 2014.

KOWALTOWSKI, D. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações**. Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis: UFSC, 2014.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LOPES, Elisângela dos Santos; BELTRAME, Márcia Helena; BELTANI, Juliano Munhoz. **A importância do contêiner na logística**. Curso de Tecnologia em Logística da Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio Seabra – Fatec. Lins – SP: 2013.

MEHTA, P. K. ; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, propriedades e Materiais**. 1 ed. São Paulo. Editora IBRACON, 2008.

MILANEZE, Giovana Leticia Schindler; BIELSHOWSKY, Bernardo Brasil; BITTENCOURT, Luis Felipe; SILVA, Ricardo da; MACHADO, Lucas Tiscoski. A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de criciúma/sc. **Rev. Técnico Científica (IFSC)**, v. 3, n. 1. 2012.

PINHEIRO, Antônio Carlos F. B; CRIVELARO, M. **Conforto ambiental - iluminação, cores, ergonomia, paisagismo e critérios para projetos**. São Paulo: Editora Érica, 2014.

RANCURA, Raquel Leticia; 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.

REVISTA TÉCNICA. **Desempenho Revisado**. Vedações verticais parte 4, Edição 192 março 2013.

ROSSO, T. **Pré-fabricação, a coordenação modular: teoria e prática**. Florianópolis: Anais UFSC/ ANTAC. v.1, p.491-497. 2000.

SABBATINI, Fernando H.; FRANCO, Luiz Sérgio; BARROS, Mercia Maria S. B.. **Tecnologia de vedações verticais**. Notas de Aula - Departamento de engenharia de construção civil. 2009. Disponível em: <[http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18\\_cap1\\_revisado.pdf](http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/PCC2435-aula18_cap1_revisado.pdf)>. Acesso em: 20 abr 2017.

SLAWIK, BERGMANN, BUCHMEIER, TINNEY. **Atlas Container: Guia Prático para Arquitetura de Container**. Berlin: Gestalten, 2010.