



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

CONFORTO TÉRMICO DE UMA UNIDADE HABITACIONAL EM CONTÊINER MARÍTIMO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Tamara Damasceno da Cunha Carelli, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura –
PROARQ/FAU/UFRJ, tamara.carelli@fau.ufrj.br
Sylvia Meimaridou Rola, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura –
PROARQ/FAU/UFRJ, sylviarola@fau.ufrj.br

Resumo

A construção civil tem buscado maneiras alternativas de ser uma atividade cada vez mais sustentável e menos nociva ao meio ambiente. A partir deste questionamento iniciou-se a busca por soluções plausíveis como novas tecnologias construtivas ou simplesmente materiais mais sustentáveis. Neste sentido, tem-se o surgimento da construção com contêiner marítimo, cuja destinação é modificada e, ao invés de ser um resíduo em portos nas cidades ao longo do mundo o contêiner marítimo é adaptado e se torna um módulo habitável para construção de diferentes tipologias arquitetônicas. Entretanto, para que o contêiner seja capaz de se tornar uma edificação habitável é necessário que sofra alterações, visto que foi construído para a acomodação de produtos do transporte aquaviário. Dentro destas alterações, a mais significativa é a sua adequação térmica, visto que o contêiner é uma caixa de aço corten, que é um excelente condutor térmico. Então, uma edificação construída a partir de um contêiner marítimo, será obrigada a utilizar de revestimentos térmicos que suportem o clima e tornem o ambiente minimamente confortável. Assim, este estudo pretende a partir de uma simulação computacional realizada no software EnergyPlus, analisar o desempenho térmico dos materiais utilizados nos revestimentos de uma unidade habitacional em contêiner marítimo localizada na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Baseado nos resultados obtidos com a simulação computacional observou-se que os revestimentos utilizados são insuficientes para manter a temperatura interna menor comparado à temperatura externa. Sendo assim, os revestimentos são incapazes de atender as recomendações da NBR 15575 (2013) para a Zona Bioclimática 8.

Palavras-chave: Contêiner Marítimo, Simulação Computacional, Energyplus, Conforto Térmico.

1. Introdução

A construção civil é uma das atividades econômicas menos sustentáveis atualmente. Desde a extração de recursos naturais para a fabricação dos diversos materiais utilizados na construção civil até o fim de seu processo com o entulho gerado nas inúmeras obras, criando toneladas de resíduos. Desta forma, esta atividade tornou-se uma das mais agressivas ao meio ambiente, consumindo a maior parte dos recursos naturais do planeta, em torno de 15 a 50% (VIANA, 2018).

Tratando-se da geração de resíduos oriundos da construção civil, o Brasil é um dos maiores contribuintes devido à metodologia construtiva convencional aplicada em grande parte do país, que constitui em alvenarias, argamassa e concreto armado moldado in loco. No ano de



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

2013, houve um aumento de 4,6% na quantidade de resíduos da construção civil coletados em municípios brasileiros, o que corresponde a aproximadamente 117 mil toneladas coletadas por dia (CORTE et al. 2020).

Problemáticas como a extração exacerbada de recursos naturais e a geração de resíduos fomentam a busca de materiais alternativos que sejam mais sustentáveis para a construção civil. Nos últimos anos o reaproveitamento do contêiner marítimo tem sido uma destas alternativas sustentáveis. A caixa metálica utilizada no transporte marítimo passar a ser uma tecnologia construtiva interessante que alia o reaproveitamento de um resíduo e diminui a extração de recursos naturais, além de proporcionar uma obra mais rápida, limpa e seca (CARBONARI, 2010).

É de extrema importância estudar novas tecnologias construtivas e, o contêiner marítimo é uma alternativa dentro deste campo. Portanto, é necessário compreender como este material se comporta, as adaptações que deva sofrer, uma vez que ele fora criado para outra finalidade. Neste estudo será observado especificamente o desempenho térmico do contêiner e seus isolamentos utilizados.

Tratando-se do contêiner marítimo como armazenador no transporte naval, ele circula pelo mundo inteiro em navios, com origens em diferentes países. Possuindo vida útil muito curta dentro deste setor, durando no máximo 15 anos. Com isso, os diversos contêineres são abandonados nos portos das cidades litorâneas ao redor do mundo, gerando uma grande quantidade de resíduos. Apesar de sua origem ser oriunda de diversos países diferentes, o contêiner marítimo possui uma padronização em suas dimensões que obedece a normas International Organization for Standardization (ISO) (VIANA, 2018). Esta padronização permite que um contêiner marítimo possua as mesmas dimensões independente do país que seja fabricado. Devido a esta padronização o contêiner marítimo traz como vantagens a transportabilidade e capacidade de empilhamento. O que permite a execução da obra em uma localidade diferente de onde o edifício realmente será situado (IRIARTE, 2017).

Por outro lado, o contêiner marítimo possui desvantagens, principalmente a respeito do seu aspecto térmico. O contêiner marítimo é uma caixa de chapa metálica, em aço corten, que é um condutor térmico de alta capacidade, aquecendo e resfriando com extrema velocidade e exigindo isolamentos térmicos. Garrido (2015) afirma que o contêiner tem em sua construção a ausência de partes necessárias como isolamento termoacústico, inércia térmica, revestimentos etc. e, portanto, suas condições de habitabilidade são muito piores do que as oferecidas por um edifício convencional, por isso é de extrema importância entender as condições térmicas do contêiner marítimo como tecnologia construtiva.

Este artigo tem como objetivo analisar o desempenho térmico dos revestimentos de uma unidade habitacional em contêiner marítimo na cidade do Rio de Janeiro, localizada na Zona Bioclimática 8, conforme a divisão disposta NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005). Esta análise se dá a partir de uma simulação computacional, através do programa computacional EnergyPlus, versão 9.4.0. Atentando-se para eficiência térmica dos materiais isolantes utilizados diante da temperatura média dos dias mais críticos, com temperaturas mais elevadas, em cada mês do verão.



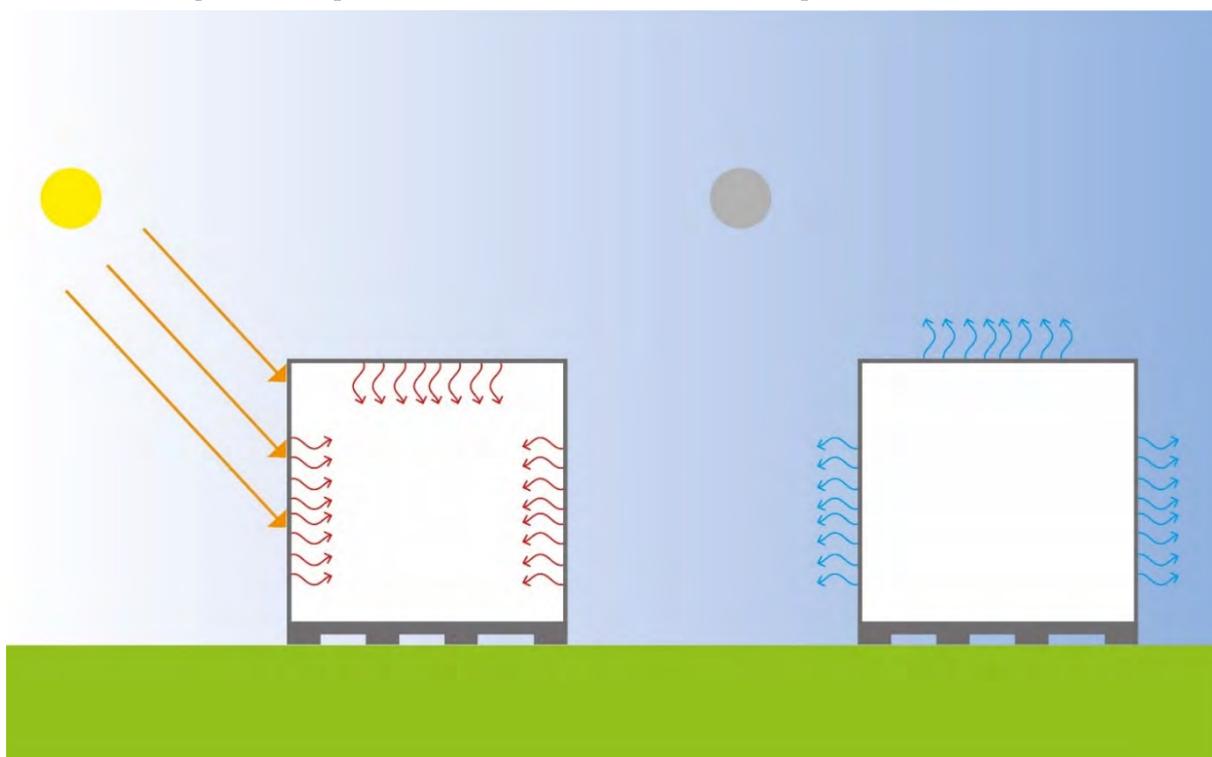
III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

2. Fundamentação teórica

Silva (2018) afirma que a maior dificuldade enfrentada na construção em contêiner está relacionada ao conforto acústico e térmico. Como a materialidade predominante do contêiner é o aço corten sua inércia térmica é alta, sendo extremamente desfavorável para as condições mínimas de habitabilidade conduzindo muito bem termicamente, ao mesmo tempo que é um péssimo isolante acústico. Garrido (2015) afirma que não há como o contêiner ser um módulo habitável sem que exista uma mínima adaptação com isolantes térmicos para que ele seja uma futura edificação confortável ambientalmente para o usuário.

Quando exposto à radiação solar o contêiner esquenta de forma muito abrupta aumentando rapidamente suas temperaturas internas e, da mesma forma, elas esfriam quando a radiação solar desaparece ou é baixa. Em ambas as situações, as temperaturas internas atingem um cenário pior que as temperaturas externas, causando um desconforto térmico ao usuário como ilustra a Figura 1 (GARRIDO, 2015).

Figura 1 – Comportamento térmico do contêiner. Fonte: Adaptado de Garrido (2015).



3. Metodologia

A metodologia adotada foi a simulação computacional de um estudo de caso realizada no EnergyPlus versão 9.4.0, programa indicado pela NBR 15575 – Edificações habitacionais: Desempenho. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), é necessário considerar dias típicos de verão no procedimento de simulação, e, visto que a cidade do Rio de Janeiro se encontra na Zona Bioclimática 8, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), exclui-se a simulação dos dias típicos



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

de inverno. Desta forma, escolheu-se os dias com as piores médias diárias de cada mês correspondente ao período da estação do verão.

Sendo assim, iniciou-se o processo de simulação com o desenho da planta baixa da unidade no AutoCAD 2021, seguido da importação para SketchUp 2018 para a realização da modelagem das zonas térmicas auxiliado pelo plugin do OpenStudio 3.1.0. Nesta etapa, a unidade é modelada dividindo suas zonas térmicas, uma no caso deste projeto, diferenciando as esquadrias, entre janelas e portas, além do piso e cobertura.

Finalizando a etapa de inserção de dados e configuração de materiais, ainda no OpenStudio, tais informações são exportadas para o EnergyPlus gerando os dados que formam planilhas no Excel e em seguida o gráfico com os resultados.

Os dados externos foram obtidos através do banco de dados oferecido pelo próprio EnergyPlus, baseados nas estações meteorológicas da cidade do Rio de Janeiro, no caso deste estudo, os dados são referentes à Estação do Aeroporto do Galeão (SBGL), localizado na Ilha do Governador.

3.1 O Lugar

A metodologia adotada foi a simulação computacional de um estudo de caso realizada no EnergyPlus versão 9.4.0, programa indicado pela NBR 15575 – Edificações habitacionais: Desempenho. Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), é necessário considerar dias típicos de verão no procedimento de simulação, e, visto que a cidade do Rio de Janeiro se encontra na Zona Bioclimática 8, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), exclui-se a simulação dos dias típicos de inverno. Desta forma, escolheu-se os dias com as piores médias diárias de cada mês correspondente ao período da estação do verão.

Figura 2 – Localização do projeto Casa Mãe. Fonte: Google Earth (2018) adaptado pela autora.

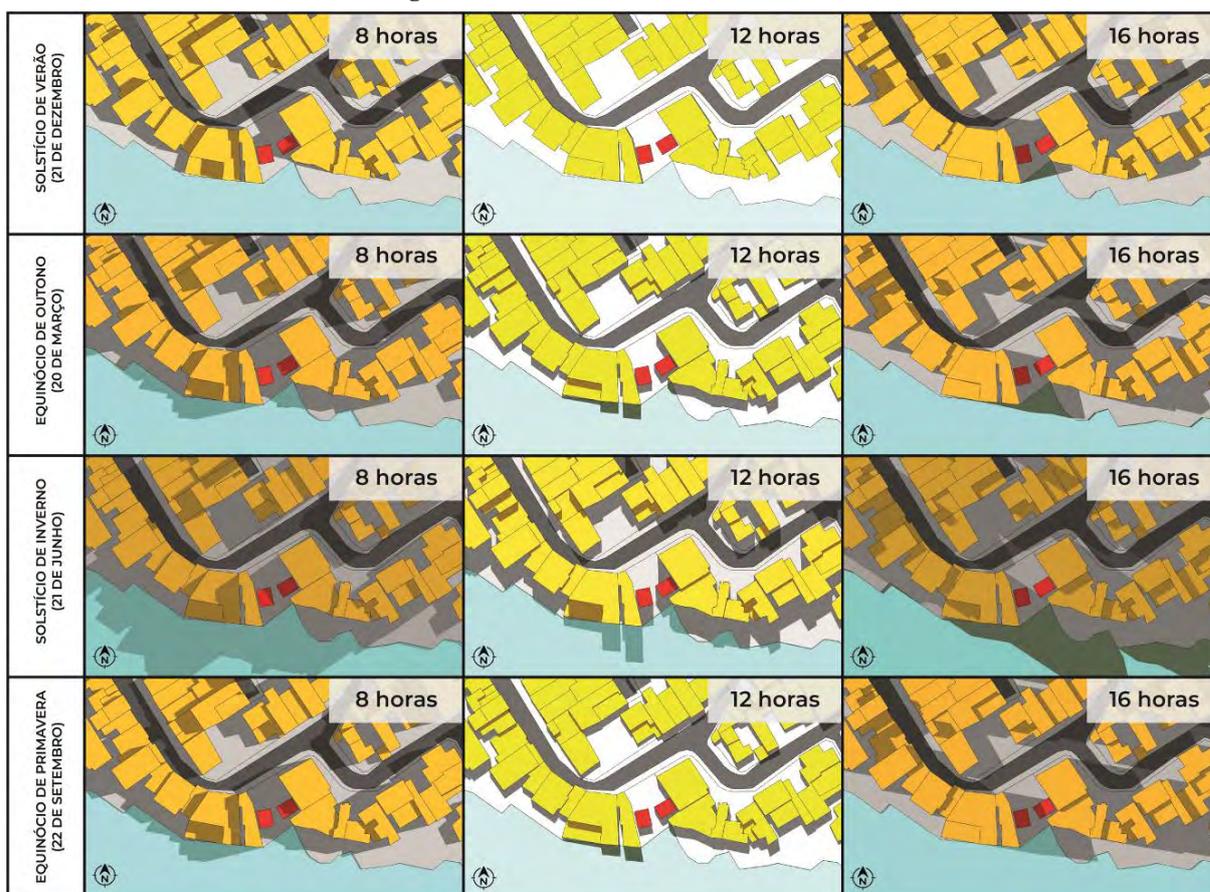




III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

O terreno apresenta um deslocamento de 35° em relação ao norte, desta forma, o estudo solar e de sombreamento (Figura 2) demonstra como a área onde a unidade habitacional está implantada recebe sol em grande parte do dia. Além da fachada sudeste estar livre sem qualquer obstrução, permitindo a entrada dos ventos que vem da direção da Baía de Guanabara.

Figura 3 – Estudo solar e de sombreamento.



A implantação (Figura 3) permite observar algumas características do entorno: os terrenos vizinhos possuem ocupação quase total das edificações, o que impossibilita uma radiação direta nos ambientes interiores das edificações, assim como prejudica a ventilação natural; possui poucas áreas impermeáveis; a proximidade das edificações permite uma maior troca de calor entre elas. Tratando-se do terreno do estudo de caso observou-se que a edificação indicada possui a pior orientação, tendo as maiores fachadas voltadas para noroeste e a cobertura com insolação direta, tornando-se um caso crítico porque a edificação não possui nenhum tipo de proteção externa.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Figura 4 – Planta de situação.



Este projeto foi selecionado devido à facilidade de acesso local e às informações, além de estar alocado em um microclima diferenciado devido às características climáticas e morfológicas do entorno urbano. Isto pôde ser observado devido a uma visita de campo ocorrida no dia 29 de outubro de 2020 por volta das 11:30 da manhã com um clima quente, bastante ensolarado, porém com uma corrente de vento recorrente originária da Baía de Guanabara.

3.2 O Objeto de estudo

O projeto Casa Mãe (Figura 3) é composto por duas edificações de pequeno porte com dois pavimentos cada uma. Totalizando 5 unidades habitacionais, 1 espaço de trabalho e 1 área coletiva. Em um dos edifícios concentram-se 4 unidades habitacionais com quarto, uma pia e um banheiro, cada unidade comporta até 2 pessoas. Neste edifício as unidades estão distribuídas em par, duas a duas, cada par em um pavimento.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 5 – Projeto Casa Mãe. Fonte: Meu container (2015).



O projeto utilizou 8 contêineres do tipo Standard Dry de 20' (vinte pés). Este tipo de contêiner possui 2,43m x 6,05m x 2,59m (LxCxA) como dimensões. Com isso, cada unidade habitacional possui aproximadamente 15m² de área total.

Em virtude de uma compreensão melhor a respeito do projeto foi autorizada a entrada na unidade habitacional estudada neste artigo. Este acesso possibilitou observar a área externa e interna, atentando-se para as boas condições dos contêineres. Entretanto, não havia nenhum tipo proteção solar tanto nas janelas quanto na cobertura, o único revestimento externo é a camada de pintura. Logo, a unidade escolhida corresponde aos critérios de edifícios multipavimentos sem proteção na cobertura, como recomenda a NBR 15575 (ABNT, 2013). Além de estar implantada paralelamente à testada do terreno, o que implica nos mesmos 35° em relação ao norte. Sua fachada noroeste compreende o comprimento longitudinal do contêiner marítimo, ou seja, é a maior área que recebe insolação direta. Além de não receber os ventos à sudeste, oriundos da Baía de Guanabara e com sua cobertura desprotegida.

3.3 Simulação

A simulação foi realizada no OpenStudio e os dados lidos no EnergyPlus. Os gráficos foram gerados no Excel. As zonas térmicas por sua vez correspondem ao cômodo habitável da unidade que corresponde ao ambiente quarto/sala.

Os materiais adotados são equivalentes aos existentes na unidade habitacional. Para que seja possível a realização da simulação, é preciso obter as propriedades térmicas de todos os materiais, que foram retiradas da NBR 15220-2 (ABNT, 2005), conforme a Tabela 1.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais. Fonte: Adaptado de NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Materiais	Densidade de massa aparente (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/ (m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Espessura (m)
Aço	7800	55	0,46	0,002
Compensado Naval	450-550	0,15	2,30	0,02
Gesso Cartonado	750-1000	0,35	0,84	0,0125
Lã de Vidro	10-100	0,045	0,70	0,05
OSB	450-550	0,12	2,30	0,095

Os materiais apresentados correspondem às paredes do contêiner: aço, lã de vidro e gesso cartonado; ao piso: aço e compensado naval; teto: aço, lã de vidro e OSB.

4. Resultados

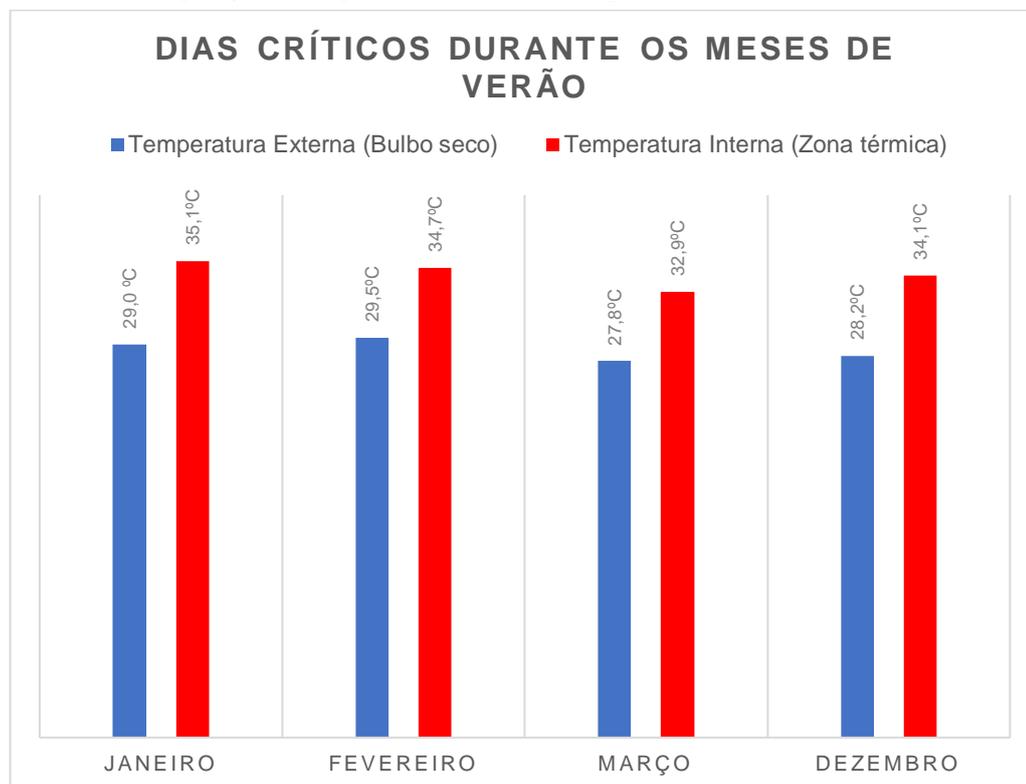
O cenário adotado para a obtenção dos resultados foi a escolha de dias críticos em cada mês do verão, selecionando as médias diárias com temperaturas mais elevadas e comparando o ambiente interno (zona térmica) com o meio externo (bulbo seco).

O Gráfico 1 apresenta, de acordo com a base de dados utilizada pela simulação do EnergyPlus, o dia 10 de janeiro, 22 de fevereiro, 15 de março e 26 de dezembro, como os dias com as temperaturas médias diárias mais elevadas durante o verão. A partir do resultado é notória insuficiência dos revestimentos utilizados na unidade habitacional, atentando-se para os meses de janeiro e dezembro, cuja diferença entre as temperaturas externas e internas são de aproximadamente 6°C.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Gráfico 1 – Comparação da temperatura externa e da temperatura interna da unidade habitacional.



5. Conclusões

A partir dos resultados desta primeira simulação possibilitou observar que os isolamentos não são suficientes para manter a temperatura interna mais fria que a temperatura externa. Tratando-se do clima tropical quente e úmido da cidade do Rio de Janeiro os revestimentos demonstram ser insuficientes.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), a unidade habitacional simulada não atende o conforto mínimo durante a estação do verão, porque a temperatura interna é maior que a externa, e segundo a norma a temperatura interna deve ser menor ou igual à temperatura externa. Ademais, a implantação da unidade é equivocada, no que se refere à orientação solar, com a fachada longitudinal voltada para noroeste e sua cobertura sem proteção, apenas com o revestimento interno. Este fator corrobora para um desempenho térmico ruim.

A simulação realizada neste artigo teve um caráter simples considerando apenas a diferença de temperaturas internas e externas. Como desdobramento deste estudo, pretende-se realizar simulações com diferentes materiais de revestimento, elementos de sombreamento, adição de revestimentos externos e variações na implantação da unidade.

Assim, ao avaliar diferentes cenários, busca-se aproximar a edificação ao cenário ideal, onde a unidade habitacional seja capaz de proporcionar mais conforto para o usuário.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

6. Agradecimentos

Agradecimentos especiais à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida e ao PROARQ – UFRJ.

7. Referências bibliográficas

_____. NBR 15220-2 – Desempenho térmico de edificações: Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações: ABNT, 2005.

_____. NBR 15575-1 – Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais: ABNT, 2013.

CARBONARI, L. Reutilização de contêineres ISO na arquitetura - aspectos projetuais, construtivos e normativos do desempenho térmico em edificações no sul do Brasil. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

CORTE, P.; GOULART, J.; SANTOS, F. Geração de Resíduos em Obras da Construção Civil com a Utilização do Sistema Steel Framing. In: VII Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 7, n. 2, Bagé, 2015. **Anais...** Bagé, 2015.

FERNANDES, L.; VASCONCELLOS, B.; ALMEIDA, D.; SILVA, R. Ilha do fundão – RJ: a Vila Residencial e a relação com a concentração de atividades de PD&I. **Revista Ensaios**. Niterói. Vol. 11, pp. 33-49. 2017.

GARRIDO, L. Green container architecture 3. Barcelona: Monsa. 2015.

IRIARTE, F. **Proposta de edificação residencial modular em contêiner na cidade do Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado – Programa de Engenharia Urbana, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

SILVA, M. **Edificações Construídas a Partir De Contêineres Marítimos – Estudos de Caso na Região Central de Minas Gerais**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.

VIANA, F. **Análise de Desempenho Térmico em Módulo de Contêiner Marítimo**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.