



Universidade de Brasília



Programa de Pós Graduação  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo



Dissertação de mestrado - Novembro de 2021

## DIAGNÓSTICOS DO DESEMPENHO TÉRMICO EM QUIOSQUES DE CONTAINERS MARÍTIMOS EM BRASÍLIA-DF

Géssika Furtado Ximenes Borges  
Orientadora: Chenia Rocha Figueiredo

Borges, Géssika Furtado Ximenes

Diagnóstico do desempenho térmico em quiosques de containers  
marítimos em Brasília-DF

Orientadora: Chenia Rocha Figueiredo

Disserta o (mestrado) – Universidade de Brasília Faculdade  
Arquitetura e Urbanismo, 2021.

---

  2021

Todos os direitos autorais reservados a Géssika Furtado Ximenes Borges

A reprodu o de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a cita o da fonte.

E-mail: gessika.ximenes.arq@gmail.com

# DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM QUIOSQUES DE CONTAINERS MARÍTIMOS EM BRASÍLIA-DF

Géssika Furtado Ximenes Borges

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientadora: Chenia Rocha Figueiredo

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Chenia Rocha Figueiredo (1º membro – presidente)  
Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana (2º membro - titular)  
Universidade de Brasília

---

Prof. Dra. Ana Paula Abi-Faiçal Castanheira (3º membro - titular)  
IPOG

Dedico esta dissertação à pessoa que eu mais queria que estivesse presente neste momento na minha vida. Minha base do que sou hoje, a minha querida mãe que está no céu, junto de Deus e Nossa Senhora. A realização desta dissertação foi a provação da capacidade de me mostrar a fortaleza que a minha mãe tem dentro de mim. Não preciso do seu corpo físico, mas sim viver os seus ensinamentos. Dedico também ao meu querido pai que está dedicando em dobro o carinho paterno de amor para a minha vida.

## AGRADECIMENTO

A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer, por Sua eterna compreensão e tolerância, por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir e principalmente por ter me dado uma família tão especial, enfim, obrigado por tudo.

À Professora Chenia, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação tão importantes. Tenho certeza que não chegaria neste ponto sem o seu apoio.

A minha querida família que me apoia a todo instante neste momento tão importante da minha vida. Meu pai, mesmo passando por situações difíceis da ausência da minha mãe, demonstrou sempre a minha fortaleza.

Ao meu esposo Renato, pelo apoio diário e motivação para dar continuidade a esta caminhada. Ao meu irmão, Ricardo com suas palavras de incentivos desde sempre em minha vida, a minha família e amigos que propuseram me ajudar com palavras de motivação e apoio.

Agradeço à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo pela oportunidade de fazer parte deste mundo da Pós-Graduação.

“Cada material tem as suas características específicas que temos de entender se o queremos usar. Por outras palavras, nenhum design é possível até que todos os materiais que você projeta sejam totalmente compreendidos. “

Mies Van de Rohe

## RESUMO

O projeto de arquitetura deve atender simultaneamente à eficiência energética e às condições de conforto do usuário. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) estabelece que o desempenho térmico da edificação deve ser avaliado em duas condições: desempenho no verão e desempenho no inverno. O critério da análise é baseado em valores máximos e mínimos de temperatura dos ambientes de permanência prolongada. Objetivando abordar os critérios propostos por norma, utilizou-se de simulações computacionais para criar diferentes cenários construtivos, incluindo chapas de aço de containers para construção de quiosques na cidade de Brasília.

Foram coletadas, ainda, medições *in loco* em dois quiosques construídos com chapas de aço de containers e avaliado critérios de conforto através da percepção do usuário segundo as variáveis ambientais. Foi observado nas simulações computacionais realizadas que os quiosques, por serem em aço, sofrem grande influência das temperaturas externas e da insolação, sendo necessário o uso de estratégias para a melhoria do desempenho térmico. Observou-se que o uso de isolamentos térmicos é indispensável para a zona bioclimática de Brasília, onde a temperatura e a umidade relativa não são favoráveis, segundo as recomendações normativas.

Dentre os cenários propostos na simulação, os que mostraram melhor desempenho foram o uso de cobertura adicional para se obter temperaturas mais amenas no verão e temperaturas internas mais agradáveis aos ocupantes no inverno; e paredes em gesso acartonado com isolamento térmico em lã de rocha. A interação do indivíduo com o espaço construído ocorreu não apenas no âmbito físico, mas também no psicológico, sendo observado através da percepção de variáveis ambientais pelo usuário que a experiência nos quiosques foi positiva ou neutra para 90% dos avaliados, sinalizando que elementos aplicados à arquitetura podem provocar sensações positivas no ser humano.

## ABSTRACT

The architecture design must meet both energy efficiency and user comfort conditions. NBR 15575-1 (ABNT, 2013) states that the thermal performance of the building must be assessed under two conditions: summer performance and winter performance. The analysis criteria is based on maximum and minimum temperature values of the extended-stay environments. In order to attempt the criteria proposed by the regulation, computer simulations were used to create different construction scenarios, including container steel sheets for supposed kiosks in Brasília city.

Measurements were also collected on the spot of two kiosks built with steel plates from containers, where comfort criteria was evaluated through the user's perception according to environmental variables. It was observed in the computational simulations that the kiosks, because they are made of steel, suffer big influence of the external temperatures and of the insolation, being necessary the use of other strategies to improve the thermal performance. Knowing that, it is noticed that the use of thermal insulation is indispensable in Brasília bioclimatic zone, where, according to normative recommendations, temperature and relative humidity are not ideal.

Among the scenarios proposed in the simulation, the containers that showed better performance were the ones that used an additional coverage and the ones that used drywall plasterboard with a rock wool insulation to obtain cooler temperatures in summer and more pleasant internal temperatures to the occupants in winter. The interaction of the individual with the built space occurs not only in the physical but also in the psychological which it was observed through the perception of environmental variables by the user where the experience in the kiosks was positive or neutral for 90% of the evaluated ones, signaling that elements applied to the architecture can provoke positive sensations in the human being.



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE SIGLAS	14
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 OBJETIVO	19
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 CONTAINER MARÍTIMO PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.2 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES	24
2.3 DESEMPENHO TÉRMICO	27
2.4 NEUROCIÊNCIA APLICADA À ARQUITETURA	50
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	54
3.1 INTRODUÇÃO	54
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	55
3.2.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO	68
3.2.3 MEDIÇÕES <i>IN LOCO</i>	81
3.2.3.1 PERCEPÇÃO DO USUÁRIO	82
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	86
4.1 INTRODUÇÃO	86
4.2 RESULTADOS E ANÁLISES DO DESEMPENHO TÉRMICO	86
4.3 AVALIAÇÕES <i>IN LOCO</i> DOS QUIOSQUES	97
4.4 AVALIAÇÃO GERAL DOS QUIOSQUES	111
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	117
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
5.2 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	120
REFERÊNCIAS	121
ANEXO 1	130

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Selo de aprovação de um container	22
Figura 2	Zoneamento bioclimático brasileiro	35
Figura 3	Carta Bioclimática adotada no Brasil	36
Figura 4	Comportamento térmico dos containers	40
Figura 5	Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa	55
Figura 6	Localização dos quiosques <i>A</i> e <i>B</i> em Brasília	56
Figura 7	Vista geral do <i>Quiosque A</i>	58
	Planta de cobertura (a) fachada lateral esquerda (b) planta baixa (c)	
Figura 8	fachada frontal (d).	59
Figura 9	Implantação e carta solar do <i>Quiosque A</i>	60
	Planta baixa (a), fachada lateral esquerda (b), fachada lateral direita (c),	
Figura 10	fachada frontal (d), planta de cobertura (e), e detalhe do <i>quiosque b</i> (f).	61
Figura 11	Implantação e carta solar do <i>quiosque a</i>	65
Figura 12	Implantação e carta solar do <i>quiosque b</i>	67
Figura 13	Principais elementos para a simulação numérica	69
Figura 14	Modelagem geométrica dos cenários i, ii, iii, iv e v	75
Figura 15	Modelagem geométrica do cenário VI	76
Figura 16	Equipamento termo-higro-decibelímetro-luxímetro	82
Figura 17	Resultado da simulação da temperatura (°C) para os seis cenários propostos durante 24 horas em um dia típico de verão	87
	Resultado da simulação da umidade relativa do ar (%) para os seis	
Figura 18	cenários propostos durante 24 horas em um dia típico de verão.	87
	Resultado da simulação da temperatura (°c) para os seis cenários	
Figura 19	propostos durante 24 horas em um dia típico de inverno.	88
	Umidade relativa do ar (%) nos diferentes cenários em um dia típico de	
Figura 20	inverno.	89
	Simulação da temperatura interna e externa do cenário III proposto	
Figura 21	durante 24 horas em um dia típico de verão	92
	Simulação da temperatura interna e externa do cenário III proposto	
Figura 22	durante 24 horas em um dia típico de inverno	93
	Simulação da temperatura interna e externa do cenário vi proposto	
Figura 23	durante 24 horas em um dia típico de verão	94

Figura 24	Simulação da temperatura interna e externa do cenário VI proposto durante 24 horas em um dia típico de inverno	94
Figura 25	Sentimento dos indivíduos que consideraram a experiência positiva ou neutra nos quiosques	102
Figura 26	Resultado da percepção dos usuários na presença de cores nos quiosques	102
Figura 27	Resultados da percepção dos usuários relacionados à interação com o mundo através de aromas	103
Figura 28	Resultado das percepções dos usuários do nível de ruído e sons da natureza	104
Figura 29	Resultado das percepções dos usuários relacionados a formas, Harmonia e beleza	105
Figura 30	Resultado das percepções dos usuários relacionado a textura e paisagismo	106
Figura 31	Vista do ambiente externo dos <i>quiosques A</i> (a) e <i>B</i> (b)	107
Figura 32	Resultado das percepções dos usuários em relação à iluminação	107
Figura 33	Resultado das percepções dos usuários em relação à personalização do local	108
Figura 34	Detalhes do interior do <i>quiosque b</i>	109
Figura 35	Detalhes do interior do <i>Quiosque B</i>	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Vantagens e desvantagens do uso de containers marítimos na construção civil	23
Tabela 2	Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	27
Tabela 3	Parâmetros de conforto segundo a NBR 16401-2:2008	31
Tabela 4	Resistência térmica superficial	41
Tabela 5	Transmitância térmica de paredes externas	44
Tabela 6	Transmitância térmica de coberturas	44
Tabela 7	Descrição dos materiais construtivos <i>Quiosque A</i>	59
Tabela 8	Descrição dos materiais construtivos do <i>Quiosque B</i>	63
Tabela 9	Zona bioclimática da cidade de Brasília	70
Tabela 10	Valores de dia típico de verão	70
Tabela 11	Valores de dia típico de inverno	71
Tabela 12	Vista das fachadas e cobertura dos quiosques <i>Quiosque A e B</i>	72
Tabela 13	Sistemas construtivos utilizados na simulação numérica	73
Tabela 14	Propriedade dos materiais: densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ), calor específico ( $c$ ) e espessura ( $e$ ) dos materiais	77
Tabela 15	Coberturas e suas propriedades termo físicas	78
Tabela 16	Materiais adicionais de isolamento térmico	79
Tabela 17	Absortâncias para tintas na cor clara ou escura	79
Tabela 18	Critério de porcentagem mínima – abertura para ventilação	81
Tabela 19	Percepção dos ambientes segundo as variáveis ambientais	84
Tabela 20	Avaliação de desempenho mínimo para a transmitância térmica obtida pela simulação numérica dos cenários propostos	90
Tabela 21	Medidas da temperatura, umidade relativa, intensidade sonora e luminosa do <i>Quiosque A</i>	98

Tabela 22	Medidas da temperatura, umidade relativa, intensidade sonora e luminosa do <i>Quiosque B</i>	98
Tabela 23	Resultados da temperatura e da umidade relativa do ar para um dia típico de verão e de inverno em Brasília, segundo o INMET e para os seis cenários propostos, obtidos por simulação numérica	112

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileiras de Normas Técnicas
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and A-C Engineers
DC	Dry Container
DV	Dry Van
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
I	Intermediário
IBRAM	Instituto Brasília Ambiental
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISSO	Organização Internacional de normalização
M	Mínimo
NBR	Norma brasileira
RAR	Resistência térmica câmaras de ar
S	Superior
TMAX	Temperatura Interna Máxima
TMIN	Temperatura Interna Mínima

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A evolução da construção com containers direciona ao desenvolvimento de um novo sistema construtivo, baseado em um princípio de modulação espacial, no qual existe a possibilidade de encaixe e conexão entre os seus elementos, fundamentados na mobilidade, flexibilidade, mutabilidade e reciclagem.

Os aspectos de flexibilidade e aplicabilidade da construção geram inúmeras possibilidades de criação e modificação de ambientes, tornando os espaços multifuncionais e dinâmicos. Assim, a arquitetura com containers apresenta-se como uma alternativa na concepção de edificações flexíveis, possibilitando aos seus usuários a criação de espaços complacentes com as suas necessidades.

Eles servem para habitação, para almoxarifados e armazéns refrigerados, para acomodar escritórios administrativos e muito mais. Eles são versáteis e respeitam os princípios da sustentabilidade sendo ecologicamente corretos, pois eliminam o uso de matérias-primas para construções tradicionais e partem da reutilização de recursos; economicamente viáveis, pois exigem um baixo investimento em comparação a outras modalidades construtivas; e socialmente justos, pois são acessíveis a todos e promovem o bem-estar coletivo (em casos, por exemplo, de alojamentos ou refeitórios para colaboradores).

Essa tendência na arquitetura e na construção civil apresenta uma grande versatilidade, podendo ser utilizada em residências unifamiliares, habitações coletivas, hotéis, pousadas, restaurantes, entre outros. Esse modelo de construção tem sido utilizado também como postos militares, banheiros públicos e quiosques (PEÑA, *apud* VIANA *et al.*, 2019). Os containers marítimos são os protagonistas de muitos estabelecimentos alimentícios, atendendo, inclusive, ao novo formato de pedidos delivery, oriundos da pandemia de 2019.

O container tem sido usado ainda como moradias temporárias em áreas afetadas por terremotos e/ou inundações, principalmente em países europeus e asiáticos (CAIA *et al.*, 2010;

ABULNOUR, 2014; HONG, 2017). Como moradia temporária, tem como objetivo atender ao maior número de pessoas rapidamente. Sendo assim, geralmente, essas habitações não envolvem instalações essenciais e não fornecem uma resposta ambiental adequada aos usuários (FÉLIX *et al.*, 2013).

Para isso, é necessário aliar aos containers um design diferenciado e estar de acordo com as normas, os códigos e as regras de ocupação da região. O aço que compõe os containers é um excelente condutor térmico, o que significa que a edificação está mais exposta às variações climáticas, o que inclui calor e frio extremos. Para adquirir conforto térmico adequado, os containers marítimos podem necessitar de um tratamento específico para garantir uma isolamento adequada, conforme o uso proposto.

O desempenho térmico está relacionado por fatores que ajuda a alcança-lo alcançado, entre elas se destacam: as variáveis pessoais, as variáveis psicológicas e as variáveis físicas ou ambientais (estão englobados os dados climáticos, que são fundamentais para garantir o conforto térmico).

A avaliação do desempenho térmico é feita considerando as condições climáticas das zonas bioclimáticas brasileiras previstas na norma de desempenho térmico NBR 15220 (ABNT, 2005b), observando também os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013).

Faz parte dos requisitos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), o atendimento a níveis mínimos definidos para conforto térmico nas edificações. Para isso, são definidas metodologias de simulação térmica para ajustar aspectos da construção ainda no projeto. As simulações permitem que os projetistas possam tomar decisões de forma preventiva, melhorar resultados e reduzir custos operacionais.

Nas simulações, o edifício é modelado em função da sua modelagem geométrica, implantação e sistemas construtivos. Através de softwares, como o *Energy Plus*, as temperaturas internas do edifício são calculadas e comparadas com os requisitos mínimos da norma. Estudos mais completos como uma simulação térmica ainda podem ajudar a entender o impacto dos materiais utilizados na envoltória do edifício e estudar alternativas para melhorar o conforto do usuário e a eficiência energética do edifício.



Tanyer *et al*, *apud* Viana *et al* (2019), avaliaram a estanqueidade e o seu impacto sobre a eficiência energética de habitações em containers na Turquia. Os autores observaram que uma vedação adequada nas junções das paredes melhora a estanqueidade e o uso de material isolante térmico nas paredes evita o efeito de ponte térmica e condensação na superfície, reduzindo em 9,3% a demanda anual de energia, para o caso analisado.

Gabriel (2021) avaliou o desempenho térmico por meio de simulações numéricas na Europa, considerando, inclusive, extremos climáticos de  $-20^{\circ}\text{C}$  em containers utilizando combinações de isolantes em diversos cenários. Foi empregado isolamento com espuma de poliuretano, lã mineral e painéis de isolamento a vácuo. Os resultados indicaram que as combinações de espuma de poliuretano com lã mineral ou painéis de isolamento a vácuo apresentam melhor desempenho térmico e que o uso de isolamento térmico e design adequados tornam viável o uso dos containers na construção.

No Brasil, existem estudos sobre a logística de containers no transporte de mercadorias. Tem-se exemplos de trabalhos que contemplam o reuso de containers na construção de edifícios comerciais como Carbonari (2015), embora existam poucas publicações sobre o uso do container como moradia.

Buges *et al*. (2014) analisaram o desempenho térmico da envoltória de uma habitação unifamiliar em container, utilizando o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais (RTQ-R), para as zonas bioclimáticas definidas pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005b). Os autores verificaram que uma cobertura adicional e o emprego de isolamento térmico nas paredes externas melhoram o desempenho térmico, afirmando que esse tipo de construção é mais viável para regiões quentes e úmidas, onde a influência da capacidade térmica da envoltória é menor, desde que atendidas as necessidades de aberturas sombreadas.

Costa (2015) investigou o desempenho térmico em três tipologias de container, sendo o primeiro em aço tipo x sem isolamento térmico, o segundo com isolamento térmico para o fenômeno da condução e o terceiro com isolamento térmico para o fenômeno da radiação. Os diferentes tipos de tratamentos térmicos proporcionaram melhorias à envoltória dos containers, chegando a uma diferença nas temperaturas internas de até  $9^{\circ}\text{C}$ . Observou-se, através da

transmitância térmica, que a alta emissividade das superfícies internas pode reduzir consideravelmente a resistência térmica final da envoltória, uma vez que o calor é transferido com maior intensidade para o interior. Constatou-se a extrema necessidade de adequação do tipo de isolamento térmico dos containers em canteiros de obras para minimizar ou eliminar a necessidade de condicionamento artificial.

Krebs *et al.* (2015) observaram a necessidade de tratamento térmico em containers para melhorar seu desempenho térmico para uso em moradia unifamiliar na zona bioclimática 3. Os resultados confirmam a importância das estratégias projetuais para o aumento do conforto interno aliado à redução de consumo energético.

Rancura e Alves (2016) fizeram uma análise experimental em uma casa em container e observaram que, embora os ambientes internos analisados não tenham atendido, todos os dias, o mínimo de desempenho estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2013), foi considerado viável o uso do container como moradia, desde que fossem incorporadas estratégias passivas adequadas ao clima local.

Viana *et al.* (2019) analisaram o desempenho térmico de containers utilizados para fins residenciais e observaram a necessidade de estratégias para melhor habitabilidade em todas as zonas bioclimáticas analisadas, inclusive no litoral brasileiro. Os pesquisadores obtiveram o melhor desempenho térmico com o uso de isolamento térmico na cobertura e vedação externa com pintura na cor clara.

Moura (2019) fez uma análise térmica de containers com telhado verde, utilizando módulos experimentais com diferentes espessuras de substrato vegetal, monitorando a temperatura do ar interna e externa. Concluiu-se, na sua pesquisa, que, nos dias quentes, existe influência significativa da espessura do substrato em relação aos fluxos de calor através do uso da cobertura verde, impactando nas temperaturas do ar interno.

De Souza *et al.* (2019) avaliaram o desempenho térmico de quatro protótipos de containers em aço provenientes de recortes de container marítimo. Utilizou-se lã de rocha, lã de PET e lã de vidro, todos foram revestidos com gesso acartonado e ainda um protótipo foi mantido sem nenhum tipo de tratamento térmico. Os resultados demonstram que o material que teve um

melhor desempenho referente à taxa de condução de calor é a lã de vidro e para as temperaturas mínimas quem saiu à frente foi a lã de PET. Para avaliação do conforto, verificou-se que as diferenças de variação de temperatura entre os diferentes materiais foram pequenas.

No entanto, dentre esses trabalhos, ainda existem lacunas com relação ao desempenho térmico em quiosques de uso comercial construídos com uso de chapas de containers marítimos no Distrito Federal, considerando a amplitude geográfica nacional.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho térmico de quiosques em containers marítimos para uso comercial em Brasília.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa analisou quiosques construídos com containers marítimos para finalidades de estabelecimentos comerciais do ramo alimentício. O estudo foi baseado na análise do desempenho térmico e simulações numéricas.

O presente estudo está dividido em cinco capítulos. O capítulo 1 aborda uma contextualização geral sobre o tema principal do trabalho, a apresentação do objetivo central desta pesquisa, bem como a estrutura do trabalho. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica do tema aqui explorado, fala sobre os containers marítimos para uso na construção civil, apresenta a definição de desempenho térmico, trata das principais normas utilizadas e o conceito da neurociência aplicada à arquitetura.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada na pesquisa e o estudo de caso proposto, bem como a simulação numérica. No capítulo 4, foram feitas as análises e discussões dos resultados das simulações para os seis cenários propostos e os resultados obtidos na medição *in loco*. A análise foi feita por meio de uma ferramenta utilizando-se questionário de autopercepção aplicado aos usuários dos quiosques. O capítulo 5 apresenta as principais conclusões, limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONTAINER MARÍTIMO PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil consome a maior parte dos recursos naturais do planeta, sendo que madeira, metais, areia, pedras, água potável e energia elétrica representam de 15 a 50% desses recursos (FREITAS, 2009). Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2001), este também é o setor que mais gera resíduos sólidos no mundo. Cerca de 50% de todos os resíduos transformam-se em volume de entulho de construção e demolição duas vezes mais que o volume de lixo sólido urbano.

Além de utilizar recursos não renováveis, em muitas cidades brasileiras, os resíduos gerados pela construção civil têm como destino sítios irregulares, poluindo rios e fontes de água, facilitando a proliferação de vetores de doenças e muitas vezes implicando na obstrução do sistema de drenagem das águas pluviais, causando enchentes (VIANA et al., 2019).

O container é um equipamento que tem gerado problemas residuais devido a sua disseminação em larga escala no setor de transporte marítimo. O container, com a finalidade de transporte, tem vida útil aproximada entre 10 e 15 anos, além de custo de transporte elevado caso necessite retornar vazio ao seu país de origem, sendo às vezes abandonado no porto de destino, ocupando espaços para estocagem, poluindo o porto.

A construção civil tem buscado estratégias mais sustentáveis e econômicas e o uso do container tem se mostrado como uma alternativa de construção das edificações (BUILDING, *apud* VIANA *et al.*, 2019). O uso dos containers na construção civil, segundo Saurin e Formoso (2006), tem sido uma alternativa conhecida e utilizada em países desenvolvidos, o que pode ser justificado devido à rapidez na linha de montagem e desmontagem.

O uso de containers tem aumentando nos últimos anos no Brasil, gerando interesse de profissionais e empresas do setor da construção civil. Ele tem sido utilizado em canteiros de obras, instalações provisórias, residências e edificações comerciais. Yazbek (2015) destaca que os containers têm sido mais utilizados em projetos comerciais devido à rapidez na execução da obra,

possibilitando que o empreendimento seja concluído em poucas semanas. Esse tipo de construção também pode servir para comércios situados em áreas alugadas, tornando possível que a edificação seja removida e instalada em outra localidade, desde que essa mobilidade esteja prevista na fase inicial do projeto.

No entanto, containers são projetados para o transporte de cargas, sendo que seu uso como habitação provisória, ou não, deve seguir alguns critérios de forma a se tornarem mais eficazes.

### 2.1.1 USO DE CONTAINERS MARÍTIMOS

Os containers, que originalmente são utilizados para transporte e armazenamento, agora estão sendo utilizados em construções como galpões, banheiros e canteiros de obras, lojas, quiosques, escolas e edifícios comerciais. Essa estrutura vem ganhando espaço na construção civil em virtude de ganhos com sua agilidade no processo construtivo, baixo custo e redução dos gastos com descarte do produto. A grande vantagem é que a estrutura já está finalizada, proporcionando uma grande velocidade na execução da obra e menor custo.

França Junior (2017) relata que os containers marítimos têm muitos fabricantes. Segundo as normas internacionais – *International Standardization Organization*, conhecida como ISO — a produção dos containers deve ser feita por meio de critérios rígidos de medidas e na capacidade de armazenamento e carregamento.

As normas ISO 668:2013 e ISO 1496-1:2013 padronizaram as dimensões dos containers. No Brasil e no mundo, os containers mais utilizados são de 20 e 40 pés, sendo que o primeiro tem comprimento de 6 metros e o segundo de 12 metros. Além do comprimento, existem duas alturas: o container standard com altura padrão de 2,59 metros, denominado no mercado do DC (Dry Container) ou DV (Dry Van); e o Container High Cube, conhecido como HC, com altura de 2,89 metros.

Uma das grandes problemática do container é devido à quantidade excedente de containers descartados e a necessidade de se utilizar materiais de baixo custo e sustentáveis, a utilização de containers na construção civil vem se tornando mais comum nos últimos anos.

Figuerola (2013) aponta que, para os containers serem utilizados nas edificações, necessitam passar previamente por uma seleção, avaliando as condições de uso através de uma inspeção técnica. Há necessidade também de um laudo que garanta a aptidão do container para o uso na construção.

Na compra de um container, devem ser avaliados o estado de conservação do piso, a perda de alinhamento, se tem amassamento em seu invólucro e principalmente a integridade da sua estrutura (CASTILHO, 2014). A qualidade do container é fundamental para o usuário, garantindo melhores condições de habitabilidade e desempenho. Para isso, deve-se verificar se o container possui uma placa de certificação chamada CSC (*Container Safe Convention*), conforme modelo apresentado na Figura 1. Essa placa fornece informações sobre o fabricante, o ano e o local de fabricação, proprietário, limites de cargas, dentre outras. Curiosamente, essa identificação também fornece dados sobre o tratamento químico dado ao piso, informação fundamental para decidir sobre a viabilidade do container para determinadas aplicações.

FIGURA 1 - SELO DE APROVAÇÃO DE UM CONTAINER.

APPROVED FOR TRANSPORT UNDER CUSTOMS SEAL	
R O K	083 K R / 88
TYPE HSM 4126-R	MANUFACTURER'S NUMBER HSMF
ZIM INTEGRATED SHIPPING SERVICES LTD. P.O. BOX 1723, HAIFA 31016, ISRAEL.	TIMBER COMPONENT TREATMENT IM/ /8 MANUFACTURED BY HYOSUNG METALS
CSC SAFETY APPROVAL	
DATE MANUFACTURED	2004
IDENTIFICATION NO.	ZCSU 246982-5
MAXIMUM GROSS WEIGHT	30,480KG / 67,200lbs
ALLOWABLE STACKING WEIGHT FOR 1.8G	216,000KG / 476,190lbs
RACKING TEST LOAD VALUE	15,240KG / 33,600lbs
	ACEP IL - 01

Fonte: (Adaptado de Gal Marine, *apud*, França Junior, 2017).

Além da placa de certificação CSC, pode-se solicitar aos fornecedores outros documentos que atestem a integridade do produto, bem como o processo de nacionalização, tendo em vista ter sido fabricado no exterior. Durante a aquisição, recomenda-se executar uma inspeção visual do container a fim de confirmar sua qualidade, avaliando a viabilidade técnica na aplicação em construções.

Os containers marítimos são ideais para a construção pré-fabricada, pois são fáceis de serem transportados por diferentes modais de transporte bem como através de sua estrutura específica para empilhamento. A Tabela 1 ilustra as principais vantagens e desvantagens de um container marítimo (SMITH 2010 *APUD* FRANÇA JUNIOR 2017).

**TABELA 1- VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE CONTAINERS MARÍTIMOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.**

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>PROPRIEDADES DO MATERIAL</b> - Robustez estrutural - Dimensões padronizadas - Grande modularidade arquitetônica	<b>PROPRIEDADES DO MATERIAL</b> - Alta condutibilidade térmica do aço - Baixa absorção sonora
<b>PROJETO</b> - Versatilidade - Adaptabilidade construtiva	<b>PROJETO</b> - Restrições burocráticas para aprovação
<b>MEIO AMBIENTE</b> - Redução da utilização de recursos naturais - Redução no impacto ambiental	<b>MEIO AMBIENTE</b> - Risco de contaminação em caso de uso de pesticidas no piso amadeirado - Risco de contaminação por radiação em relação às cargas transportadas
<b>MOBILIDADE</b> - Facilidade aos modais de transporte - Grande adaptação às tecnologias sustentáveis - Grande adaptação a outros materiais	<b>MOBILIDADE</b> - Alto custo em transporte em caso de longas distâncias - Necessita de caminhão munck para a instalação
<b>CUSTO</b> - Baixo custo de aquisição - Grande oferta devido ao descarte nos portos - Redução no custo total da obra - Redução no cronograma da obra	<b>CUSTO</b> - Mão de obra e equipamentos especializados

Fonte: Romano *et al*, 2014 (adaptado).

Como mostrado, o material apresenta vantagens e inúmeras desvantagens. Critérios como desempenho devem também ser avaliados na utilização de containers na construção civil,

considerando inclusive o uso de materiais construtivos que propiciem uma melhoria no seu desempenho térmico.

Toda execução em container deve ser planejada e avaliada na fase de projeto. As decisões construtivas influenciam no custo, na personalização e no tempo de construção, como: tipo de fundação, disponibilidade e custo dos materiais, recursos financeiros, local da obra e acessos, possibilidade de adaptações, compatibilidade com sistemas complementares, manutenção e reparos, vãos livres, espaço livre para utilidades, altura da edificação, proteção contra corrosão, proteção contra incêndio, estética, mão de obra, adequação ambiental, qualidade e durabilidade, bem como desempenho térmico e acústico (FRANÇA JUNIOR, 2017).

## 2.2 DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

O conceito de desempenho na construção civil está associado ao comportamento em uso nas edificações, dentro de determinadas condições. O desafio mundial é que este comportamento atenda às expectativas dos usuários das edificações ao longo de uma determinada vida útil e dentro da realidade técnica e socioeconômica de cada país e empreendimento (BORGES, 2008).

Desempenho de uma edificação define-se como o comportamento da mesma ao longo de sua vida útil, ou seja, como essa edificação reage quando colocada em serviço, sob determinadas condições e características de uso para cumprir a função para a qual foi projetada e construída (DEL MAR, 2008, *apud* ALVIM 2017). O período de tempo no qual a edificação e seus sistemas se prestam ao uso para o qual foram projetadas e construídas é definido pelo termo vida útil.

Castro (2019) cita que a avaliação do desempenho de edificações pode ocorrer em várias etapas da vida útil de um edifício. Um dos meios mais utilizados para realizar a avaliação do ambiente construído durante a fase de uso é a Avaliação Pós-Ocupação (APO). Preiser (1995) define a APO como um processo de avaliação sistemática do desempenho de edifícios durante sua fase de uso, baseado em parâmetros pré-estabelecidos.

Os parâmetros que servem de referência para a avaliação do desempenho de edificações podem estar definidos em normas, regulamentos, protocolos, certificações, benchmarks, dentre outros (ONO, 2018).



### 2.2.1 NORMA DE DESEMPENHO (NBR 15575)

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários, que, no caso na NBR 15575 (ABNT, 2013), referem-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

Segundo a NBR 15575, o foco da NBR 15575 está nas exigências dos usuários para a edificação, voltada ao comportamento em uso. A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento.

Ainda assim, conforme a norma apresentada, visam assim, incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica das inovações tecnológicas.

Segundo a NBR 15575, elaborada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil, está dividida em 6 partes: requisitos gerais, requisitos para os sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos internos, requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, requisitos para os sistemas de cobertura, e requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A norma aponta que, para considerar que uma edificação satisfaz as exigências da norma, devem ser atendidos os requisitos, a partir dos critérios estabelecidos para cada um deles. Os diferentes sistemas da norma de desempenho têm requisitos mínimos, os quais devem ser considerados e atendidos em todos os casos. Foram estabelecidos níveis mais elevados do que o mínimo (M), denominados de intermediário (I) e superior (S).

A norma define o nível de desempenho mínimo que deve ser esperado para um sistema construtivo, sendo aplicável apenas às construções edificadas a partir da data em que a norma entrou em vigor, portanto, edificações residenciais já construídas, bem como obras comerciais, industriais, quiosques, construções em containers, dentre outros, não têm obrigatoriedade na aplicação da norma de desempenho.

A norma de desempenho foi desenvolvida seguindo modelos internacionais de normalização de desempenho, assim, para cada necessidade do usuário e condição de exposição, é apresentada a sequência de requisitos de desempenho, critérios de desempenho e respectivos métodos de avaliação. Os critérios estabelecidos pela norma de desempenho devem avaliar o desempenho térmico, de forma individual e isoladamente, garantindo o conforto térmico.

O desempenho térmico das edificações, contidos nas partes 1, 4 e 5 da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) diz que a edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na NBR 15220-3 (ABNT, 2005b).

A NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece procedimentos para avaliação da adequação de habitações. Ela trata do atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15575-5 (ABNT, 2013). Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas NBR 15575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15575-5 (ABNT, 2013), resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional.

#### 2.2.1.1 Exigências de desempenho no verão

As condições térmicas no interior do edifício habitacional devem ser melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para o dia típico de verão.

##### a) Valores máximos de temperatura

O valor máximo diário da temperatura do ar no interior de recintos de permanência prolongada como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior. O nível para aceitação M (denominado mínimo) é mostrado na Tabela 2. Para maior conforto dos usuários, os valores recomendados para os níveis intermediário (I) e superior (S) também são apresentados conforme a NBR 15575-1(ABNT, 2013).

Os valores se referem à temperatura externa máxima ( $T_{e,max}$ ) e à temperatura interna máxima ( $T_{i,max}$ ) do ambiente.

TABELA 2 - CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO PARA CONDIÇÕES DE VERÃO

Nível de desempenho	Zonas bioclimáticas	Zona bioclimática
	1 a 7	8
<b>M</b>	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
<b>I</b>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$
<b>S</b>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$

Fonte: NBR 15575 - ABNT, 2013.

## 2.3 DESEMPENHO TÉRMICO

Avaliar o desempenho térmico de uma edificação significa analisar seu comportamento térmico e compará-lo com critérios de referência baseados nas necessidades dos usuários e nas condições climáticas a que a edificação está sujeita. Outros autores complementam essa definição informando que o desempenho térmico de uma edificação diz respeito à reação física desta às intervenções do meio externo e interno, comparada com parâmetros pré-definidos (LAMBERTS *et al.*, 2010).

As intervenções do meio externo estão relacionadas às variáveis climáticas ambientais (temperatura, umidade, ventilação e radiação solar) e as do meio interno, ao comportamento dos usuários (uso de máquinas e equipamentos; manuseio de janelas e cortinas; acionamento de sistemas artificiais, como iluminação e condicionamento de ar) (LAMBERTS *et al.*, 2010).

Olgay (1963) desenvolveu um diagrama bioclimático com o intuito de apresentar as relações entre o homem, o clima e a arquitetura. Nele, a temperatura e a umidade relativa do ar devem ser relacionadas. O pesquisador desenvolveu um método que permite avaliar a eficiência energética das edificações através da análise dos dados climáticos da região e da avaliação biológica medida pelas sensações humanas. Os dados climáticos da região devem ser feitos por meio da

temperatura, da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos. O conforto térmico de uma edificação pode ser avaliado através das sensações humanas por meio de questionários e equipamentos de medições específicas.

Para entender o desempenho térmico das edificações foram criadas normas que se difundiram internacionalmente, e que serviram de base para várias outras, desenvolvidas pela ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and A-C Engineers – nos Estados Unidos. A norma ANSI, ASHRAE e IESNA (2001), número 90.1, tem como proposta principal estabelecer requisitos mínimos para projeto de edifícios eficientes energeticamente, porém não se aplica a edifícios residenciais de pequeno porte. Já a norma ANSI e ASHRAE (2001), número 90.2, estabelece requisitos mínimos para eficiência energética em projetos específicos para edifícios residenciais (PEREIRA, 2009).

De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005b), o processo de avaliação do desempenho térmico de edificações pode ser realizado nas etapas de projeto ou após a construção da edificação. Para a fase de projeto, são realizadas simulações computacionais e análises dos processos construtivos, enquanto que para a construção finalizada, podem ser realizadas medições *in loco* de temperatura.

### 2.3.1 CONFORTO TÉRMICO

O conceito de conforto térmico se refere ao estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (LAMBERTS et al., 2016).

Ainda assim o autor cita que, o conforto térmico de um ambiente está relacionado ao nível de satisfação que uma pessoa tem em relação ao ambiente em que está inserida. Existem algumas variáveis que influenciam o conforto térmico sentido por cada pessoa, dentre elas, o próprio indivíduo, a resistência térmica da vestimenta, a velocidade do ar, a umidade relativa do ar e a temperatura do ar. As vestimentas são responsáveis pela resistência às trocas de calor sensíveis

entre o corpo e o ambiente, proporcionando um isolamento térmico da pele. Nesse sentido, quanto maior o isolamento do corpo, menores serão as trocas de calor entre o indivíduo e o ambiente.

Lamberts et al (2016) cita que o conforto térmico está baseado em três fatores: a satisfação do ser humano ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável; a produtividade do ser humano; e a conservação de energia, pois devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes condicionados artificialmente.

O conforto térmico, tomado como uma sensação humana, está situado no campo subjetivo e depende, além de fatores físicos, de fatores fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio; já os fatores fisiológicos referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica; e finalmente os fatores psicológicos, que são aqueles que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo (LAMBERTS *et al.*, 2010).

Conforme Baltar (2006), o conforto térmico é um fator fundamental na vida dos seres humanos, o qual favorece um satisfatório período de repouso ou descanso. Ambientes com baixo índice de conforto podem ser responsáveis pelo cansaço, baixa produtividade e até debilidade física.

A avaliação do conforto térmico em ambientes internos é feita principalmente segundo a norma americana ASHRAE 55 (2017), que trata unicamente das condições térmicas ambientais para a ocupação humana (ASHRAE 55 - *Thermal environmental conditions for human occupancy*). Existem ainda outras normas como a última revisão da ISO 7730 de 2005, focada principalmente no modelo de Fanger (1970) e no cálculo do PMV/PPD (ISO 7730 - *Moderate thermal environments – calculation of the PMV and PPD indices*) e a norma europeia EN 15251, revisada em 2012, que além do conforto térmico, trata ainda da qualidade interna do ar, iluminação e acústica (EN 15251 - *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings: addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*) (LAMBERTS, 2021).

No Brasil, não existem normas específicas para avaliação do conforto térmico, restringindo-se a alguns documentos que envolvem parâmetros de conforto como a Norma Reguladora NR 17 e a NBR 16401-2:2008 (LAMBERTS *et al.*, 2016). A NR 17 foi elaborada pelo Ministério do Trabalho, com o intuito de promover segurança e saúde no ambiente de trabalho, apresentando condições de conforto térmico em ambientes internos definidos em função de limites de temperatura efetiva e de velocidade do ar (LOPES, 2020).

A NBR 16401 (ABNT, 2008) é uma revisão que cancelou e substituiu a antiga NBR 6401 de 1980, focada no projeto de instalações de ar condicionado (parte 1), nos parâmetros de conforto térmico em ambientes condicionados (parte 2) e na qualidade do ar interior (parte 3). Apesar de ser uma norma bastante detalhada no que diz respeito aos parâmetros de conforto térmico em espaços internos, os limites de temperatura e velocidade do ar são restritos, e, por esse motivo, adequados para ambientes climatizados artificialmente e com rígido controle de velocidade e umidade relativa do ar. A norma se baseia fundamentalmente no ASHRAE Handbook Fundamentals de 2005 (ASHRAE, 2005) e define temperaturas operativas internas que variam de 22,5°C a 25,5°C (para umidade relativa de 65%), e 23,0°C a 26,0°C (para umidade relativa de 35%).

A norma ASHRAE (2005a) considera as condições de conforto para pessoas em atividade sedentária ou leve. Nessas condições, os limites de temperatura estabelecidos para a zona de conforto no verão variam de 23°C a 27°C e no inverno de 20,5°C a 24,5°C.

Os fatores bioclimáticos devem ser levados em consideração durante a elaboração de um projeto, buscando atingir condições de conforto e economia no consumo de energia elétrica.

A NBR 16401-2 (ABNT, 2008) destaca alguns parâmetros capazes de produzir conforto térmico para as pessoas. A Tabela 3 apresenta os parâmetros determinados pela norma NBR 16401-2 (ABNT, 2008), relacionando temperatura operativa e umidade relativa do ar para períodos de verão e inverno.

TABELA 3 - PARÂMETROS DE CONFORTO SEGUNDO A NBR 16401-2:2008

	TEMPERATURA OPERATIVA	UMIDADE RELATIVA
Verão	22,5°C a 25,5°C	65%
	23,0°C a 26,0°C	35%
Inverno	21,0°C a 23,5°C	60%
	21,5°C a 24,0°C	30%

Fonte: NBR 16401-2:2008

A temperatura operativa indica a sensação de calor ou frio sentida pelo corpo de um ser humano, combinando num único número os efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade relativa e velocidade do ar (PEREIRA, 2004). Alguns autores destacam parâmetros de temperatura interna que consideram adequados para as pessoas.

Para dias de verão, as temperaturas do ar no interior da residência com longos períodos de ocupação, sem qualquer fonte de calor, devem ser menores do que a temperatura do ar externo (LAMBERTS *et al.*, 2016). Já para o inverno, a temperatura do ar interior da residência, com longos períodos de ocupação sem qualquer fonte de calor devem ser superiores a 3°C à temperatura mínima externa (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Almeida *et al.* (2016) observaram que o valor máximo diário de temperatura no interior da edificação, sem a presença de ocupantes e equipamentos, deve ser igual ou menor ao maior valor registrado de temperatura no ambiente externo.

#### 2.3.1.1 Variações do clima

Lamberts (2007) cita que a bioclimatologia estuda as relações entre o clima e o ser humano. Como forma de tirar partido das condições climáticas para criar uma arquitetura com desempenho

térmico adequado, OLGYAY (1973) criou a expressão *Projeto Bioclimático*, que visa à adequação da arquitetura ao clima local.

Do ponto de vista meteorológico e geográfico, o clima é definido pela combinação de uma série de elementos climáticos, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitações, ventos e radiação solar incidente.

A radiação solar é uma onda eletromagnética curta, responsável pela energia no planeta por ser sua principal fonte. A trajetória elíptica da Terra ao redor do Sol, em conjunto com o movimento de rotação da Terra, determinam as variações na intensidade da radiação ao longo do ano e durante o dia, respectivamente. Em climas frios, a penetração da radiação direta nos ambientes internos é desejável para promover aquecimento, ao contrário de climas quentes, onde a porção direta deve ser evitada, sendo somente a radiação difusa desejável para promover a iluminação do ambiente (LAMBERTS *et al.*, 2016).

#### a) Temperatura do ar

A temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos outros mecanismos termorreguladores. O calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e suas perdas são menores quando a temperatura do ar está alta ou maiores quando a temperatura está mais baixa (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, chamada de convecção natural: a parte mais quente torna-se mais leve e sobe enquanto a mais fria desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente. (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A temperatura do ar será consequência, portanto, de um balanço energético onde intervêm a radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora; a condutividade e a capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução; e as perdas por evaporação, convecção e radiação (LAMBERTS *et al.*, 2016).



## b) Velocidade do ar

A velocidade do ar é um parâmetro definido por sua magnitude e direção (LAMBERTS, 2011). No caso de ambientes térmicos, o que é considerado é a velocidade efetiva do ar, ou seja, a magnitude do vetor velocidade do fluxo no ponto de medição considerado.

A velocidade do ar, que costuma ser abaixo de 1 m/s, ocorre em ambientes internos sem necessariamente a ação direta do vento. O ar se desloca pela diferença de temperatura no ambiente, onde o ar quente sobe e o ar frio desce (convecção natural). Quando o ar se desloca por meios mecânicos, como um ventilador, o coeficiente de convecção aumenta, aumentando a sensação de perda de calor (convecção forçada). O deslocamento do ar também aumenta os efeitos da evaporação no corpo humano, retirando a água em contato com a pele com mais eficiência e assim, reduzindo a sensação de calor. (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Estudos realizados pela Comissão Americana de Ventilação comprovaram que as condições térmicas do ambiente podem influenciar diretamente no rendimento de trabalho de um operário. De acordo com o estudo, a variação de temperatura de 20°C para 24°C pode diminuir o rendimento do trabalho físico em até 15% (FROTA E SCHIFFER, 2003).

Os limites de velocidade do ar são conservadores, e podem não representar adequadamente a realidade de espaços condicionados que possuem novas tecnologias de condicionamento artificial e circulação de ar. Assim, para a norma 16401-2 (2008) e durante os períodos mais quentes do ano (0,5 clo), a velocidade do ar não deve ultrapassar 0,20 m/s, quando o sistema de distribuição de ar é convencional (grau de turbulência de 30 a 50%), e 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%). Durante os períodos mais frios (1,0 clo), estes mesmos limites podem ser delineados da seguinte forma: a temperatura operativa e a umidade relativa devem estar dentro da zona delimitada por 21,0°C e 23,5°C para 60% e, 21,5°C e 24,0°C para 30% de umidade. A velocidade do ar neste caso não deve ultrapassar 0,15 m/s para distribuição de ar convencional e 0,20 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (LAMBERTS, 2021).

### c) Umidade Relativa do ar

A umidade relativa do ar é determinada como a quantidade de vapor d'água presente no ar, formada a partir da evaporação da água no processo de modificação do seu estado líquido para gasoso, sem alteração de sua temperatura (BALTAR, 2006). Segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2005b), a umidade relativa do ar é o quociente de umidade absoluta do ar pela umidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura e pressão atmosférica.

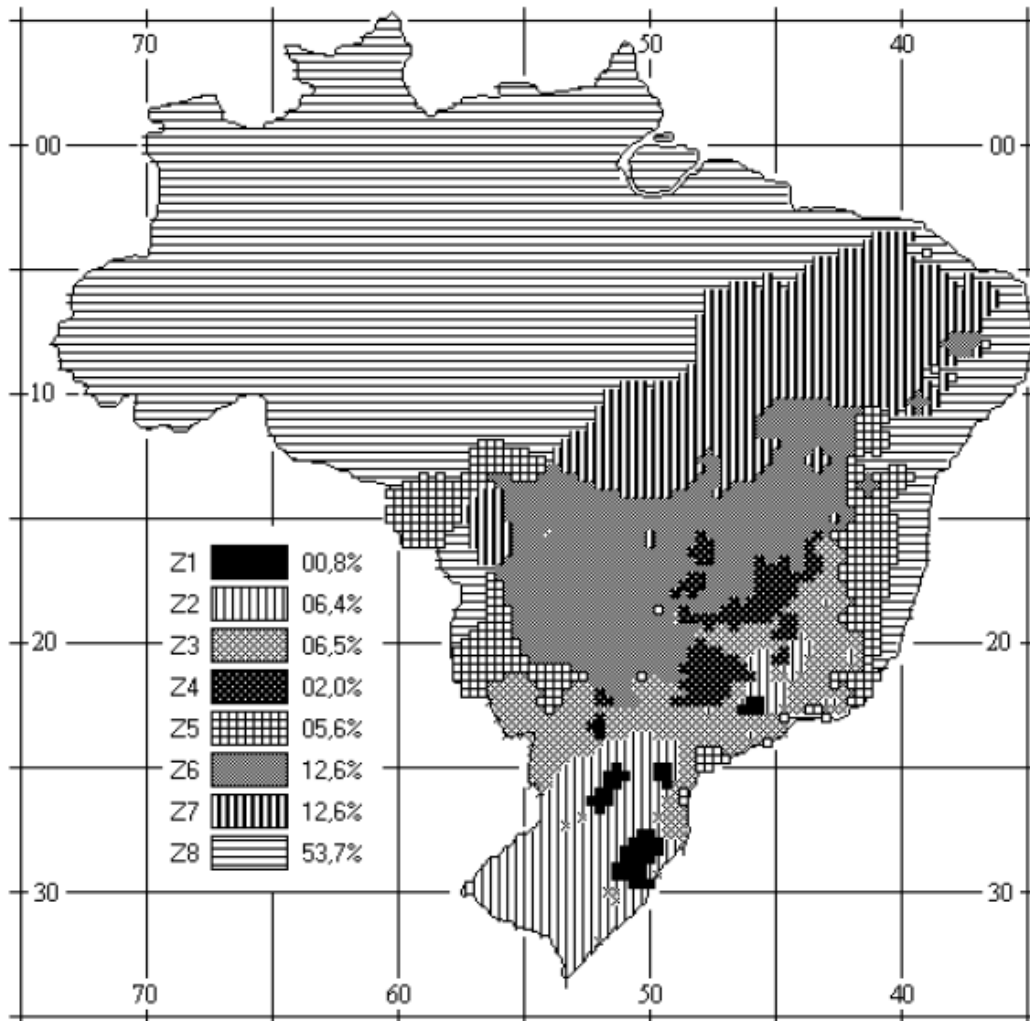
À medida que a temperatura do meio se eleva, dificultando as perdas por convecção e radiação, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação. Quanto maior a umidade relativa, menor a eficiência da evaporação na remoção do calor. Isto mostra a importância de uma ventilação adequada (LAMBERTS *et al.*, 2016).

#### 2.3.1.2 Estratégias Bioclimáticas

Os estudos de conforto térmico tiveram, nos últimos anos, um aumento de interesse por parte dos pesquisadores, sendo que as normas existentes nesta área englobam estudos sobre todas as variáveis que influenciam no conforto térmico, quer sejam em ambientes condicionados ou não. (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A NBR 15.220-3:2013 dividiu o espaço geográfico nacional em oito zonas bioclimáticas, conforme apresentado na Figura 2. A norma cita que as características de cada zona bioclimática trazem recomendações de diretrizes construtivas e o detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados. Para cada zona são relacionadas as estratégias consideradas adequadas para adoção nas edificações.

FIGURA 2 - ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO



Fonte: NBR 15220-3 - ABNT, 2005b.

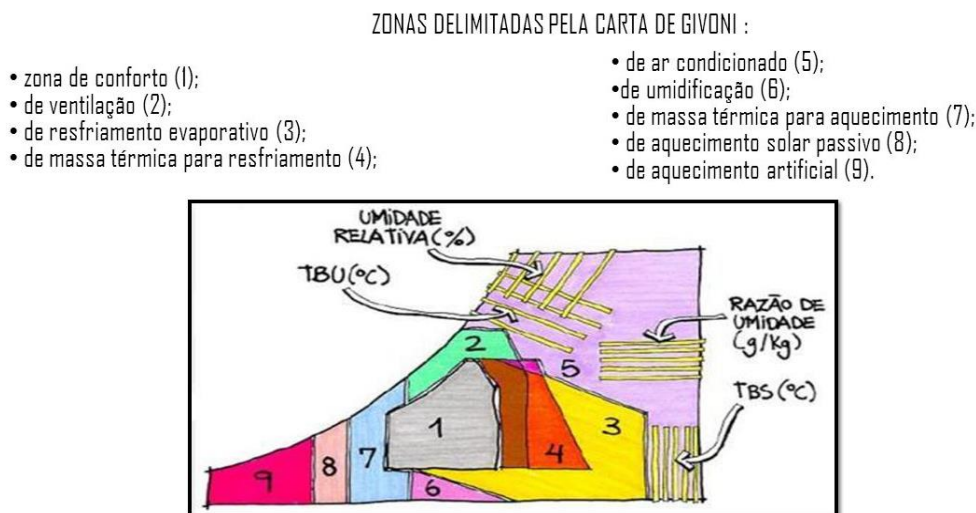
Essa classificação possibilita a identificação dos problemas climáticos, apresentando, para cada uma das zonas, recomendações técnicas que podem ser adotadas durante a fase de projeto, visando garantir condições de conforto térmico. O projeto de arquitetura deve atender simultaneamente à eficiência energética e às condições de conforto do usuário. A utilização das estratégias passivas de aquecimento e de resfriamento no projeto proporciona a redução do tempo de utilização de sistemas artificiais para atingir o conforto térmico, consequentemente, reduzindo o consumo de energia nas edificações (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Por isso, para a eficaz aplicação das estratégias bioclimáticas em projeto, é necessária a correta análise bioclimática do local, a partir dos dados climáticos disponíveis. Na década de 1960,

Olgay desenvolveu o conceito de carta bioclimática, que visa determinar estratégias de adaptação da arquitetura ao clima (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A carta bioclimática utilizada no Brasil é baseada nos estudos de Givoni, da década de 1990, que desenvolveu uma carta bioclimática adequada para países em desenvolvimento, conforme apresentado na Figura 3 (LAMBERTS *et al.*, 2016). Ele apresenta estratégias bioclimáticas para as nove zonas de conforto, sendo que, conforme apresentado na Figura 3, TBU significa temperatura de bulbo seco e TBS significa temperatura de bulbo úmido.

**FIGURA 3 - CARTA BIOCLIMÁTICA ADOTADA NO BRASIL**



Fonte: Lamberts *et al.*, 2016.

Para a zona 1, verificaram que a sensação de conforto térmico pode ser obtida para umidade relativa variando de 20 a 80% e temperatura entre 18 e 29°C; para a zona 2 recomendam o uso de soluções arquitetônicas como ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob a edificação; para as zonas 3 e 4, o resfriamento evaporativo pode ser adotado como estratégia para aumentar a umidade relativa do ar e diminuir a sua temperatura, podendo ser obtido com o uso de vegetação, de fontes d'água ou de outros recursos que resultem na evaporação da água diretamente no ambiente ou ainda tanques d'água sombreados executados sobre a laje de cobertura; para a zona 4, ainda, recomendam o uso de componentes construtivos com inércia térmica (capacidade térmica) superior que fazem com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação à exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente; para a zona 5, o resfriamento artificial como recipientes de água

no ambiente interno para aumentar a umidade quando as estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições desejadas de conforto; para a zona 6, a umidificação é recomendada quando a temperatura do ar apresenta-se menor que 27°C e a umidade relativa abaixo de 20% (EVANS e SCHILLER, 1988, *apud* LAMBERTS *et al.*, 2016); para a zona 7, adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20°C; para a zona 8, o aquecimento solar passivo deve ser adotado para os casos com baixa temperatura, recomenda-se que a edificação tenha superfícies envidraçadas orientadas para o sol e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação para evitar perdas de calor, sendo que esta estratégia pode ser conseguida através de orientação adequada da edificação e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas; e para a zona 9, o aquecimento artificial, por ser um local extremamente frio, com temperatura inferior a 10,5°C, em que a estratégia de aquecimento solar passivo não seja suficiente para produzir sensação de conforto.

Componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quentes e secos, onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite. Nesses casos, a capacidade térmica do componente permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento (LAMBERTS *et al.*, 2016).

### 2.3.2 PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas. A norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005a) fornece tabelas com as principais propriedades térmicas dos materiais que compõem os elementos construtivos e apresenta os métodos de cálculo para elementos homogêneos e heterogêneos, de transmitância térmica, fator solar e atraso térmico.

Os materiais construtivos possuem grande influência no desempenho térmico e energético de uma edificação. Devido a isso, torna-se necessário conhecer as trocas de energia da edificação com o meio externo, visando à adequação do projeto para atendimento a requisitos de conforto térmico (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Nas edificações, os isolamentos térmicos funcionam barrando a transferência de calor através do fechamento. O tipo de cobertura contribui significativamente no desempenho térmico, principalmente por impedir a incidência da radiação solar direta. O contato com o solo influencia na transmissão de calor através da fundação, podendo contribuir bastante no desempenho global da edificação.

A absorvância à radiação solar tem relação com o poder de absorção de calor de uma superfície quando a radiação incide sobre esta. É um parâmetro utilizado na avaliação do nível de desempenho térmico da envoltória segundo as diretrizes da norma NBR 15.575:2013. E a ventilação regula a temperatura interna de uma construção por meio da troca de ar pelas aberturas.

O sistema de isolamento térmico pelo exterior destina-se a isolar termicamente as zonas opacas das fachadas (LNEC, 2010). Além disso, é formado por meio da combinação entre as paredes da edificação e o material isolante. Esse material é fixado na parede com o auxílio de perfis metálicos, sendo envolvido por placas de gesso acartonado, entre outros.

De acordo com Costa (2003), o isolamento térmico de construção em um container acaba sendo uma das etapas mais importantes para ser realizada, visto que o aço, material no qual o container é formado, apresenta alto fator de condução de calor.

A NBR 15220-2 (ABNT, 2005a) apresenta as propriedades térmicas dos materiais usados no isolamento térmico de edificações, indicando para cada um dos materiais sua densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ) e calor específico ( $c$ ).

Segundo Projeto 02:135.07-001/3 (2003), os parâmetros informados pela norma que devem ser considerados na etapa de projeto para avaliação do desempenho térmico referem-se ao tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo. Para as vedações externas, a norma indica a necessidade de se considerar as propriedades de resistência térmica,

transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator de ganho de calor dos componentes e elementos construtivos para definições de projeto.

### 2.3.2.1 Transmissão de calor

A condição essencial para a transmissão de calor é que os corpos tenham temperaturas diferentes (FROTA e SCHIFFER, 2003). Para o cálculo do fluxo de calor que atravessa a envoltória de uma edificação, o entendimento da radiação solar incidente é de fundamental importância.

A transmissão de calor pode ocorrer por condução, que se realiza por contato molecular; por convecção, que se verifica quando os corpos estão em contato molecular e um deles, pelo menos, é um fluido; por radiação, que ocorre mediante uma dupla transformação da energia, onde uma parte do calor do corpo com maior temperatura se converte em energia radiante que chega até o corpo com menor temperatura, sendo absorvida numa proporção que depende das propriedades da superfície receptora e novamente transformada em calor, sendo as propriedades da superfície receptora representadas pela emissividade (LAMBERTS *et al.*, 2016).

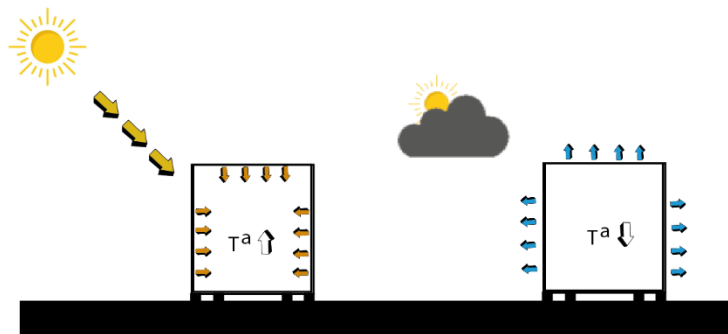
O autor afirma ainda que, nas edificações, as trocas de energia ocorrem por meio dos fechamentos opacos e transparentes, de acordo com a temperatura interna e externa do ambiente, fatores de absorvância, emissividade, transmitância e intensidade da radiação solar, além das características e propriedades térmicas da materialidade construtiva (LAMBERTS *et al.*, 2016). Os fechamentos opacos são aqueles que impedem a entrada direta da radiação solar para a edificação. Nesse caso, a troca térmica do ambiente externo e interno ocorre devido à diferença de temperatura das superfícies externa e interna do módulo. Já os fechamentos transparentes são todos elementos que permitem a transmissão direta de calor para o ambiente interno, como janelas e portas de vidro.

Quando a energia radiante incide sobre um corpo opaco ela é absorvida ou refletida. A absorvância para alguns materiais utilizados na construção civil e algumas cores são apresentadas na NBR 15220-2 (ABNT, 2005a). A energia radiante absorvida se transforma em energia térmica ou calor; a energia refletida não sofre modificação alguma.

Containers marítimos são constituídos por elementos em aço, caracterizado principalmente por absorver facilmente o calor através da radiação. Quando o material é exposto à incidência solar, sua superfície externa aquece e transfere calor para a superfície interna, aquecendo o interior do módulo. Quando não há incidência solar sobre o container, os elementos esfriam tão rapidamente quanto aquecem (ANDREOLLI, 2017).

Uma das grandes problemáticas deste método construtivo é adaptar o container para que tenha um bom isolamento tanto térmico quanto acústico. Por se tratar de uma envoltória metálica, o container tende a ser um excelente condutor de calor aliado a um baixo isolamento acústico. A Figura 4 mostra essa condução de calor do container metálico, ilustrando o seu comportamento térmico.

FIGURA 4 - COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS CONTAINERS



Um ambiente com conforto térmico apresenta um certo equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e o perdido para o ambiente, sendo que a sensação de bem-estar está diretamente relacionada com a temperatura do ambiente e a umidade.

Sendo constituído apenas por uma chapa de 2,6 mm de espessura, o container tem como característica elevada temperatura durante o dia, porém perdendo rapidamente ao cair da noite ou em dias nublados.

Para ter uma eficácia do desempenho térmico, deve se pensar também em outros fatores. As condições de ocupação produzem as principais fontes internas de calor e são caracterizadas pelo período de ocupação, número de ocupantes, atividades típicas dos ocupantes, taxas de liberação de energia térmica e de vapor d'água de equipamentos e processos no interior do recinto,



taxas de ventilação do ambiente e uso de dispositivos de sombreamento de aberturas e fechamentos externos (FANGER, 1972).

### 2.3.2.2 Resistência Térmica

De acordo com a NBR 15220-1 (ABNT, 2005a) a resistência térmica é a razão entre a variação de temperatura das superfícies externa e interna de um componente ou elemento construtivo pela densidade de fluxo de calor. Assim, a resistência é definida como a dificuldade de transmissão de calor de uma superfície para a outra do elemento. Para as edificações que apresentam câmaras de ar não ventiladas, a norma indica valores de resistência térmica para paredes e para coberturas, conforme apresentado na Tabela 4, sendo que a resistência superficial externa é nomeada como  $R_{se}$  e a resistência superficial interna é nomeada como  $R_{si}$ .

TABELA 4 - RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL

	$R_{si}$ (m <sup>2</sup> .K)/W	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .K)/W
Paredes	0,13	0,04
Cobertura	0,17	0,04

Fonte: NBR 15220-1 – ABNT, 2005a.

- *Resistência térmica de um componente plano homogêneo ou heterogêneo ( $R_t$ )*

Os componentes homogêneos são aqueles que são formados por um único material ou elemento, por exemplo, o container. Já os componentes heterogêneos são aqueles formados por mais de um elemento, por exemplo, o container personalizado com cortes e aplicado com esquadrias em estrutura de PVC e vidro.

$$R_t = R_{ar} + \sum \left( \frac{e}{\lambda} \right) \quad (1)$$

onde:

$R_t$  = Resistência térmica de um componente plano homogêneo ou heterogêneo

$e$  = Espessura da camada do material

$\lambda$  = Condutividade térmica do material

$R_{ar}$  = Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas

- *Resistência térmica de um componente heterogêneo plano ou com diferentes seções ( $r_t$ )*

$$R_t = \frac{Aa + Ab}{\frac{Aa}{Ra} + \frac{Ab}{Rb}} \quad (2)$$

onde:

$R_t$  = Resistência térmica de um componente heterogêneo plano ou com diferentes seções

$R_a, R_b$  = Resistência térmica do componente

$A_a, A_b$  = Área de cada seção

Resistência térmica total ( $R_t$ )

$$R_t = R_{si} + R_T + R_{se} \quad (3)$$

onde:

$R_T$  = Resistência térmica do componente

$R_{si}$  = Resistência superficial interna

$R_{se}$  = Resistência superficial externa

### 2.3.2.3 Transmitância Térmica

Para analisar o desempenho térmico nas paredes é necessário determinar a transmitância térmica por meio do Projeto 02:135.07-002 da NBR 15220-2 (ABNT, 2005a): Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.

Transmitância térmica global é um índice que trata do isolamento de um material ou seu desempenho térmico. A transmitância térmica global é definida pelo símbolo  $U$ , dado em Watts dividido por metro quadrado vezes kelvin ( $U = W/m^2.K$ ). Isso significa a quantidade de calor em Watts que passa de uma face do material para a outra ou de uma face da parede para outra, por metro quadrado a cada kelvin. Basicamente, a transmitância ou valor  $U$  de um componente construtivo é o quanto ele conduz de calor de uma face da parede até a outra.

A transmitância térmica é definida como sendo a quantidade de calor transmitida de uma superfície para a outra de um elemento construtivo por uma área de  $1 \text{ m}^2$  em uma unidade de tempo (ABNT, 2005a). Essa propriedade é calculada a partir da resistência térmica do

componente, conforme a fórmula abaixo:

$$U = \frac{1}{RT} \quad (4)$$

onde:

U = Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>.K)

RT= Resistência térmica total

$$(RT = Rse + Rt + Rsi) \quad (5)$$

sendo:

Rse = resistência superficial externa

Rt = resistência térmica de superfície a superfície

Rsi = Resistência superficial interna

Para a determinação da resistência térmica de superfície a superfície, propõe-se a equação 6:

$$Rt = \frac{Aa + Ab + \dots + An}{\frac{Aa}{Ra} + \frac{Ab}{Rb} + \dots + \frac{An}{Rn}} \quad (6)$$

onde:

Aa, Ab, An - áreas de cada seção por m<sup>2</sup>

Ra, Rb, Rn - resistências térmicas de superfície a superfície para cada seção (m<sup>2</sup>K/W).

As resistências térmicas são dadas por:

$$R = \frac{\epsilon}{\lambda} \quad (7)$$

onde:

R = Resistência térmica

$\epsilon$  = espessura do componente (m)

$\lambda$  =condutividade térmica do componente (W/m.K)

A transferência de calor ocorre por condução toda vez que houver diferença de temperatura entre a face interna e a face externa. A diferença de temperatura entre as duas faces

ocorre quando, por exemplo, o lado externo está exposto ao sol que absorve a radiação solar esquentando o interior.

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) apresenta valores admissíveis de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar de elementos opacos para vedações externas das edificações. A Tabela 5 apresenta os valores admissíveis para a transmitância térmica de paredes externas, segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

**TABELA 5 - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DE PAREDES EXTERNAS**

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U [W/m <sup>2</sup> .K]		
Zona 1 e 2	Zona 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^* \leq 0,6$	$\alpha^* > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
	$\alpha^*$ = absorptância à radiação solar da superfície externa	

Fonte: NBR 15575 -ABNT, 2013.

Para analisar o desempenho térmico nas coberturas, as transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão (LAMBERTS *et al.*, 2016). As características térmicas dos materiais, fórmulas e exemplos de cálculo são apresentados no Projeto de Norma 02:135.07-002 da NBR 15220-2 (ABNT, 2005a). A Tabela 6 apresenta os valores admissíveis para a transmitância térmica da cobertura segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

**TABELA 6 - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DE COBERTURAS**

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U [W/m <sup>2</sup> .K]					
Nível de desempenho	Zonas 1 e 2	Zonas 3 e 6		Zonas 7 e 8	
		$\alpha^{(1)} \leq 0,6$	$\alpha^{(1)} \geq 0,6$	$\alpha^{(1)} \leq 0,4$	$\alpha^{(1)} > 0,4$

<b>M</b>	$U \leq 2,3$	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,3$ FV	$U \leq 1,5$ FV
<b>I</b>	$U \leq 1,5$	$\alpha^{(1)} \leq 0,6$	$\alpha^{(1)} \geq 0,6$	$\alpha^{(1)} \leq 0,4$	$\alpha^{(1)} > 0,4$
		$U \leq 1,5$	$U \leq 1,0$	$U \leq 1,5$ FV	$U \leq 1,0$ FV
<b>S</b>	$U \leq 1,0$	$\alpha^{(1)} \leq 0,6$	$\alpha^{(1)} \geq 0,6$	$\alpha^{(1)} \leq 0,4$	$\alpha^{(1)} > 0,4$
		$U \leq 1,0$	$U \leq 0,5$	$U \leq 1,0$ FV	$U \leq 0,5$ FV

Fonte: NBR 15575 – ABNT, 2013.

#### 2.3.2.4 Capacidade Térmica

Conforme a NBR 15220-1 (ABNT, 2005a), a capacidade térmica (CT) é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. A capacidade térmica de um componente plano homogêneo ou heterogêneo é dada pela equação 8.

$$CT = \sum (ei \cdot ci \cdot pi) \quad (8)$$

onde:

CT= capacidade térmica (kJ/m<sup>2</sup>.K)

ei = espessura do material

ci = calor específico do material

pi = densidade de massa aparente do material

#### 2.3.2.5 Atraso Térmico

É definido como o tempo que o calor transmitido na superfície de um elemento leva para manifestar-se na superfície oposta. Essa propriedade varia conforme a capacidade térmica dos elementos que fazem parte do fechamento da edificação e da ordem em que estão dispostas na NBR 15220-1 (ABNT, 2005a).

- Atraso térmico – elemento heterogêneo ( $\phi$ )

$$\phi = 1,382 \cdot Rt \cdot \sqrt{B1 + B2} \quad (9)$$

$$B1 = 0,226 \cdot \frac{B0}{RT} \quad (10)$$

$$B_0 = C_T C_{Text} \quad (11)$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left( \frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{Rt} \right) \times \left( \frac{R_{ext}}{1} - \left( \frac{RT - RT_{ext}}{10} \right) \right) \quad (12)$$

Se  $B_2$  calculado  $< 0$  (negativo), então deve-se adotar  $B_2 = 0$

onde:

$\varphi$  = Atraso térmico

$RT$  = Resistência térmica do componente

$CT$  = Capacidade térmica do componente

$C_{Text}$  = Capacidade térmica da camada externa do componente

$\rho$  = Densidade do material da camada externa

$c$  = Calor específico do material da camada externa

$\lambda$  = Condutividade térmica do material da camada externa

$R_{ext}$  = Resistência térmica do material da camada externa

- Atraso térmico – elemento homogêneo ( $\phi$ )

$$\varphi = 0,7284 \cdot \sqrt{Rt \cdot CT} \quad (13)$$

onde:

$\varphi$  = Atraso Térmico

$Rt$  = resistência térmica de superfície a superfície

$CT$  = capacidade térmica ( $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )

### 2.3.2.6 Fator de Ganho de Calor Solar

O fator solar ( $F_s$ ) de uma abertura ou de um sistema de abertura pode ser entendido como a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela. Esse valor é característico para

cada tipo de abertura e varia com o ângulo de incidência da radiação solar. Para o vidro simples, com a incidência direta da radiação solar normal à superfície, o  $F_s$  é aproximadamente 0,85. Isto significa que 85% da radiação solar incidente sobre a janela com vidro simples penetra no interior em forma de calor.

A norma NBR 15220-1 (ABNT, 2005a) destaca a existência de dois fatores de ganho de calor nas edificações, sendo um deles em elementos opacos ( $FS_o$ ) e o outro em elementos transparentes e translúcidos ( $FS_t$ ). O fator solar está relacionado à taxa de radiação incidida no componente e as parcelas absorvidas, refletidas e retransmitidas para seu interior (no caso de elementos transparentes).

### 2.3.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A avaliação do desempenho térmico por meio de simulações numéricas permite obter o comportamento térmico da edificação, considerando diferentes cenários, modelando condicionantes de clima, materialidade, fatores de ocupação e equipamentos, podendo favorecer à construção de uma edificação eficiente, inclusive com redução de gastos em energia (LAMBERTS et al., 2016).

Para a realização das simulações computacionais, devem ser utilizadas como referências as informações dos anexos da parte 1 da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), que trata inclusive da localização geográfica de algumas cidades brasileiras e as temperaturas típicas das capitais.

As ferramentas computacionais de simulação são importantes instrumentos para verificação e análise de edifícios em relação ao seu comportamento tanto energético quanto térmico, acústico e de iluminação. Vários países, nas últimas décadas, têm realizado pesquisas na área e desenvolvido diferentes programas na busca por edifícios mais eficientes. O Departamento de Energia dos Estados Unidos tem disponível na internet (DOE, 2007a) uma lista com 344 programas de simulação de edificações, para análises de eficiência energética, energias renováveis e sustentabilidade em edifícios (PEREIRA, 2009).

Para a realização das simulações computacionais para avaliação do desempenho térmico, recomenda-se o emprego do programa *Energy Plus*. O software é um dos programas existentes no

mercado que permite realizar simulações de carga térmica e eficiência energética. Ele é um programa de análise de consumo energético de edificações capaz de modelar as 8760 horas de um ano com variações de ocupação, potência de iluminação, equipamentos, sistema de HVAC, efeitos de inércia térmica e é validado pela norma ASHRAE 140. O programa é capaz de modelar aquecimento, arrefecimento, ventilação e outras correntes energéticas, levando em consideração os consumos de energia e calculando as cargas térmicas necessárias para se atingir as temperaturas estabelecidas em controle.

Na definição da geometria utilizada no modelo de simulação considera-se a habitação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica. Na composição de materiais para a simulação, devem-se utilizar os dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos obtidos em laboratório, através de método de ensaio normalizado. Para os ensaios de laboratório, recomenda-se a utilização dos métodos apresentados na parte 1 da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Na ausência destes dados ou na impossibilidade de obtê-los junto aos fabricantes, é permitido utilizar os dados disponibilizados NBR 15220 - Parte 2 (ABNT, 2005a), como referência.

No Brasil, ainda são poucos os profissionais de engenharia e arquitetura que utilizam tais programas como ferramenta de trabalho. As principais causas disso são a complexidade dos programas e a conseqüente dificuldade e demora no aprendizado pelos usuários (PEREIRA, 2009).

A modelagem da edificação é realizada no sistema de edição inicial do programa. Nessa etapa são informadas todas as características e propriedades dos materiais construtivos, como condutividade térmica, densidade de massa aparente e calor específico, além de parâmetros do ambiente que influenciam na simulação térmica, como a taxa de ventilação. O programa de simulação numérica *Energy Plus* permite desenvolver estudos relacionados às melhorias na eficiência energética de edificações, possibilitando modelar edificações completas, considerando diferentes dimensões, fechamentos opacos e transparentes, equipamentos elétricos, taxa de ocupação, taxa de ventilação, entre outros (LAMBERTS et al., 2016).

Para edificações em fase de projeto, a avaliação deve ser feita para um dia típico de projeto no verão e no inverno. As informações climáticas são caracterizadas pelos valores horários de



temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global e pela velocidade do vento predominante obtidos nos dias típicos de projeto para o período de verão e de inverno (AKUTSU, 1998; IPT, 1998; ABNT, 2013).

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) determina que deva ser adotado como dia típico a data em que possuir a maior temperatura em uma hora do dia no ano para o verão e a menor temperatura do ano para o inverno.

O programa deve ser alimentado com dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos, obtidos por meio de ensaios e coleta de dados. Nas análises são necessários dados da condutividade térmica, do calor específico, da densidade de massa aparente, da emissividade, da absorvância à radiação solar, as características fotoenergéticas (vidros) e a resistência ou transmitância térmica de elementos (PROJETO 02:135.07-001/2,2013).

Lamberts et al (2016) relata que a absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas previstas no projeto. Caso a cor não esteja definida, a simulação deve ser realizada para três alternativas de cor, ou seja, cor clara ( $\alpha = 0,3$ ), cor média ( $\alpha = 0,5$ ) e cor escura ( $\alpha = 0,7$ ).

Segundo a NBR 15575 (2013), na simulação devem ser considerados todos os recintos de permanência prolongada, um cômodo na extremidade da habitação (com duas paredes de fachada e a orientação geográfica mais crítica do ponto de vista térmico). No verão, deve-se considerar a janela do cômodo voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte; caso não seja possível, o ambiente deve ter, pelo menos, uma janela voltada para oeste; e no inverno, deve-se considerar a janela do cômodo voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste; caso não seja possível, o ambiente deve ter, pelo menos, uma janela voltada para sul.

A simulação é feita em três passos: inicialmente criando o modelo no programa, com os dados que definem o edifício, como modelagem geométrica, dimensões e constituição. Depois é feita a simulação, calculando o proposto pelo utilizador, tendo em conta um ficheiro de dados climáticos proposto. Por último, analisando os resultados e obtendo as conclusões, elaborando análises de sensibilidade das várias variáveis inerentes ao edifício (NBR 15575, 2013).

Os passos são feitos utilizando os programas *Sketchup* - responsável pela modelagem do estudo de caso; *OpenStudio* - responsável pelas configurações dos materiais; e *Energy Plus* - responsável pela simulação. Cada programa citado depende do outro para o desenvolvimento da simulação completa. A simulação possibilita a análise de diferentes variáveis, sendo uma ferramenta valiosa na análise energética. Com isso é possível avaliar as condições ideais para a elaboração de um projeto com uso de containers de forma mais assertiva para as condições climáticas propostas.

## 2.4 NEUROCIÊNCIA APLICADA À ARQUITETURA

As relações entre o homem e o ambiente construído estimula diversos comportamentos e relações entre os seres vivos. De fato, os elementos da arquitetura interagem com o cérebro, o qual facilita a vinculação de sentimentos e emoções. Esses fatos de relações são estudados pela neurociência aplicada à arquitetura.

O objetivo da neurociência é a compreensão de como o fluxo de sinais elétricos, através de circuitos neurais, origina a mente - como percebemos, agimos, pensamos, aprendemos e lembramos (KANDEL, 2014).

Diversos autores, como Pallasmaa *et al.* (2013), Robinson e Pallasmaa (2015) e Ulrich (1993) *apud* Faria (2018) articulam a relação da arquitetura com a neurociência e como isso pode interferir no comportamento do indivíduo no espaço construído. O crescimento dessa interseção entre as duas áreas traz alguns benefícios para análises projetuais e para o processo projetual do arquiteto, pois saber como o indivíduo se comporta no espaço é essencial para projetar o ambiente de forma mais assertiva.

Segundo Albright, citado por Faria (2018), o ambiente construído reflete o modo como a percepção visual opera e analisa o espaço construído sob a perspectiva da neurociência de duas maneiras: em termos de organização e em termos de uso. O ambiente deve facilitar a percepção visual para que os mapas neurais formados no cérebro tenham mais clareza, em termos de

organização. Em termos de uso, o espaço construído deve induzir o cérebro a produzir estímulos que provoquem uma resposta perceptiva, sensorial e cognitiva.

O projeto arquitetônico tem o potencial de provocar diferentes tipos de respostas comportamentais, como a agressão e a ansiedade são reduzidas em ambientes mais privativos e personalizados, ou a agitação e a inquietação diminuem em espaços que remetem ao ambiente residencial (ZEISEL, *apud* FARIA, 2018).

Atualmente, com os avanços da neurociência, estamos entendendo cada vez mais o funcionamento dessa máquina incrível que é o cérebro humano. Quando Freud começou a falar do inconsciente e seus impactos no comportamento de cada um, a tecnologia ainda não permitia a compreensão fisiológica de tudo isso. Hoje, porém, com a ressonância magnética e o eletroencefalograma, por exemplo, podemos analisar que gatilhos ativam os mais diversos sistemas neuronais (PAIVA, 2018).

Há também estudos sobre a atividade comportamental em relação a diferentes espectros de iluminação, avaliando condições em que o cérebro possa estar mais ativo ou mais relaxado, dependendo da intensidade de luz artificial no ambiente.

Cada vez mais empresas se interessam pelo tema. Em 2019, a exposição *A Space for Being*, realizada em Milão, promovida através de uma parceria do Google com cientistas da Universidade Johns Hopkins, nos EUA, buscou mostrar como o design pode impactar no bem-estar mental das pessoas através de diferentes estímulos. Cada ambiente foi construído com sons, aromas, texturas e iluminação variados. Na entrada, o convidado recebia uma *wristband* - uma espécie de pulseira que mede a frequência cardíaca e condutividade na pele. Um programa computacional desenvolvido pelo Google analisa os sinais físicos e psicológicos do usuário da pulseira e fazia cruzamentos para interpretar as sensações vividas em cada um dos ambientes. O experimento envolvia neurociência aplicada à arquitetura. Para isso, o visitante ficava 5 minutos em cada uma das três salas com design completamente diferente e o equipamento coletava os dados.

O conhecimento da neurociência é uma premissa para que o espaço construído seja cada vez mais apropriado para o indivíduo, associando a interação do ser humano com espaço construído não apenas no âmbito físico, mas também no psicológico. Os edifícios devem ser

projetados levando em consideração além da estética e da funcionalidade, mas ainda os impactos gerados em níveis mais profundos no nosso organismo, que escapam da percepção consciente.

A experiência sensorial vivida pelo usuário no ambiente construído ajuda a estabelecer uma relação entre o corpo e o espaço. “Devido à imediaticidade da percepção alcançada, a arquitetura é considerada o modo de arte mais completo e rápido a alcançar o usuário, pois além de elementos como a iluminação, temperatura, cores, sons, textura, espaço, geometria, dentre outros, apenas ela em si oferece a experiência tátil da textura de uma superfície de pedra ou de madeira polida, a experiência da luz movendo-se ao longo do dia, os cheiros e os sons ressonantes do espaço, as relações corporais de escala e proporção” (HOLL, 2011).

A partir deste pensamento, a arquitetura vem propondo a incorporação dos sentidos, sentimentos e movimentos na percepção, recepção, experiência e leitura do espaço arquitetônico desde sua concepção, pensando como uma experiência corporal e uma interação humana, resultando em ambientes plásticos e funcionais. “Os diversos sentidos sensoriais – como a pele, tato, cheiro, visão, audição e até mesmo a cinestesia – passaram a ter suas relações e comportamentos estudados e relacionados frente ao ambiente construído e suas variáveis, como o espaço, luz, geometria, cor, temperatura, textura, dentre outros” (SOUZA, 2015).

Na interpretação do conforto térmico os pesquisadores Fanger (1970), ASHRAE (2001), Ruas (2002) e Schmid (2005) observaram que o mesmo está ligado a fatores pessoais (vestimenta e atividade desenvolvida) e a fatores ambientais (temperatura, umidade, velocidade do ar e temperatura radiante média), os quais interferem diretamente nas trocas de calor entre o organismo humano e o ambiente.

O ambiente enriquecido em estímulos influencia positivamente na plasticidade do sistema nervoso central. Segundo Anthes, citado por Faria (2018), as investigações de como o indivíduo interage com o espaço construído começaram no final da década de 1950. Estudos começaram avaliando projetos hospitalares de clínicas psiquiátricas e a capacidade de seus espaços de influenciar o comportamento dos pacientes.

A proposta da aplicação da neurociência à arquitetura é potencializar estímulos que possam transformar projetos em espaços assertivos, funcionais, criativos, produtivos, aconchegantes ou

até mesmo para tratamento mais rápido ou menos doloroso, oferecendo recintos de relaxamento, foco, cura e/ou que facilitassem a criatividade e a melhoria do usuário, conforme cada perfil de ocupação e indivíduo. Assim, o espaço construído poderá refletir a necessidade do indivíduo, associando aspectos das imediações externas do corpo na memória, mente e comportamento.

## CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

### 3.1 INTRODUÇÃO

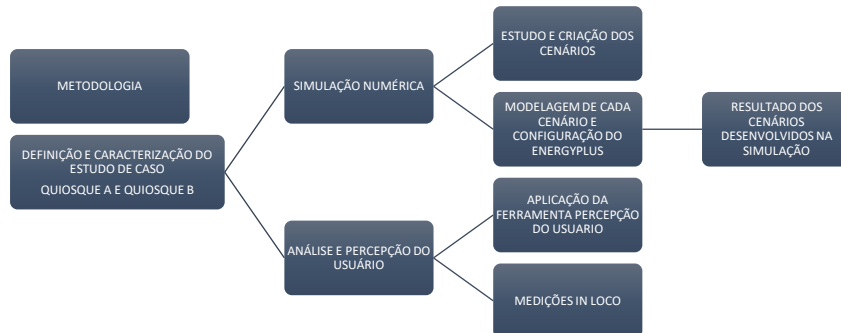
Um quiosque é uma estrutura isolada, geralmente composta por elementos pré-fabricados e facilmente removíveis, destinada a servir alimentos ao público. De forma geométrica simples, os quiosques construídos com containers metálicos se mostram como uma solução de rua moderna, que se transforma ao ser aberto e ter suas funções reveladas, criando uma conexão com o meio ambiente. O projeto é também eficiente e funcional, com características compactas, robustas, de fácil manutenção e à prova de vandalismo. Os elementos internos podem ser adaptados segundo as necessidades conforme a destinação.

O presente estudo trata dos desafios do uso do aço utilizado na construção de quiosques executados com chapas de containers marítimos. Para o estudo foram selecionados dois quiosques utilizados no segmento alimentício em Brasília, ambos construídos com container marítimo. Foi avaliado o desempenho térmico para as condições climáticas de Brasília e a influência do *design* de projeto e do ambiente na percepção e no comportamento do usuário.

A avaliação do desempenho térmico do container foi feita via simulação numérica, utilizando o programa *Energy Plus*, que analisa o impacto da ventilação natural e da massa térmica dos fechamentos no comportamento térmico da edificação. Foram consideradas as condições climáticas do Distrito Federal previstas na norma NBR 15.220:2005, observando também os requisitos mínimos da norma NBR 15.575:2013.

A metodologia deste estudo foi baseada no fluxograma apresentado na Figura 5, tendo como estudo de caso quiosques de containers marítimos.

**FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.**



## 3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estrutura da metodologia aqui utilizada consiste na seleção dos quiosques em containers avaliados, na realização da simulação numérica para avaliação do desempenho térmico, medições *in loco* e na aplicação de uma ferramenta de auto percepção dos usuários.

Primeiramente, buscou-se definir o local e os quiosques de container metálico a serem analisados. Definiu-se pelos sistemas construtivos com reuso de containers em aço devido à crescente demanda por esse tipo de componente na cidade de Brasília. Inicialmente, foram realizadas visitas em alguns locais do Distrito Federal e pôde-se então selecionar dois quiosques, levando em consideração a disponibilidade dos proprietários e a viabilidade técnica para as medições e o tempo demandado para cada estudo de caso. Foram priorizados estabelecimentos executados após 2013, posterior à vigência da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), permitindo avaliar aspectos de desempenho nela considerados.

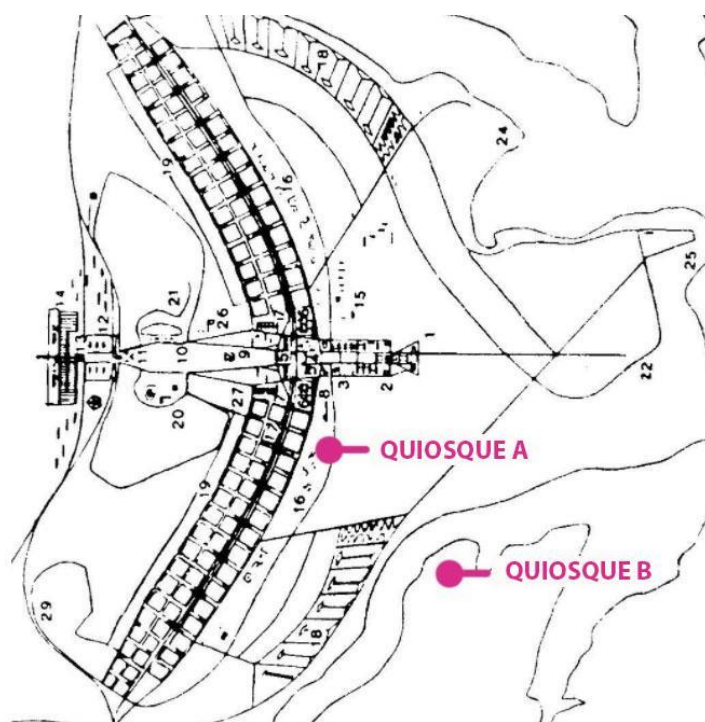
### 3.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS QUIOSQUES AVALIADOS

O local escolhido para o estudo de caso foi a cidade de Brasília, no Distrito Federal, uma cidade que respira arquitetura, com clima quente e ensolarado durante todo o ano. Patrimônio Cultural da Humanidade, Brasília já nasceu moderna, quando, por obra de Oscar Niemeyer, o concreto ganhou curvas e leveza, e, pelas mãos de outros renomados artistas, o cinza típico que

marca as construções da cidade ganhou cores e contrastes. Moderna e futurista, muito além de obras como a Catedral Metropolitana ou o Palácio do Planalto, a cidade abriga edificações não monumentais que também fazem parte da história da arquitetura local. É composta também por edificações racionalizadas que utilizam elementos pré-fabricados ou modulados, marca das obras de Niemeyer e João Filgueiras Lima. Os arquitetos elaboram diversos projetos que conectam as edificações com a natureza aproveitando dos espaços circundantes, livres e arborizados da capital.

No presente estudo foram selecionados dois quiosques comerciais pré-fabricados construídos em áreas abertas proporcionando uma visibilidade mais atraente, gerando expectativa no público-alvo para o produto ou serviço que está à venda. Os quiosques selecionados foram pré-fabricados em aço de container metálico tipo, com seis metros, sendo facilmente removíveis, ambos destinados a servir alimentos ao público, possuem forma geométrica simples, sendo solução de rua moderna conectados ao local em que estão inseridos. A Figura 6 apresenta a localização dos quiosques avaliados no mapa da cidade de Brasília. Os quiosques foram denominados de *Quiosque A* e *Quiosque B*, ambos concluídos no segundo semestre de 2020.

**FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DOS QUIOSQUES A E B EM BRASÍLIA**





O *Quiosque A* está localizado no Setor de Clubes Sul e o *Quiosque B* no Lago Sul, ambos com as mesmas características estruturais e bioclimáticas. De acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005b), o local está inserido na zona bioclimática 4. Dados fornecidos pelo Brasília Ambiental (IBRAM), no Distrito Federal, mostram que a temperatura média registrada no local em maio de 2021 foi de 20,2°C e a máxima de 27,2°C e a temperatura média em agosto de 2021 foi de 20,2°C e a máxima de 28,2°C. É importante ressaltar que a amplitude térmica local em agosto de 2021 foi de quase 14°C, caracterizado por dias de sol e noites mais amenas. O valor extremo de temperatura registrado em maio e agosto de 2021 foi 31°C.

#### 3.2.1.1 *Quiosque A*

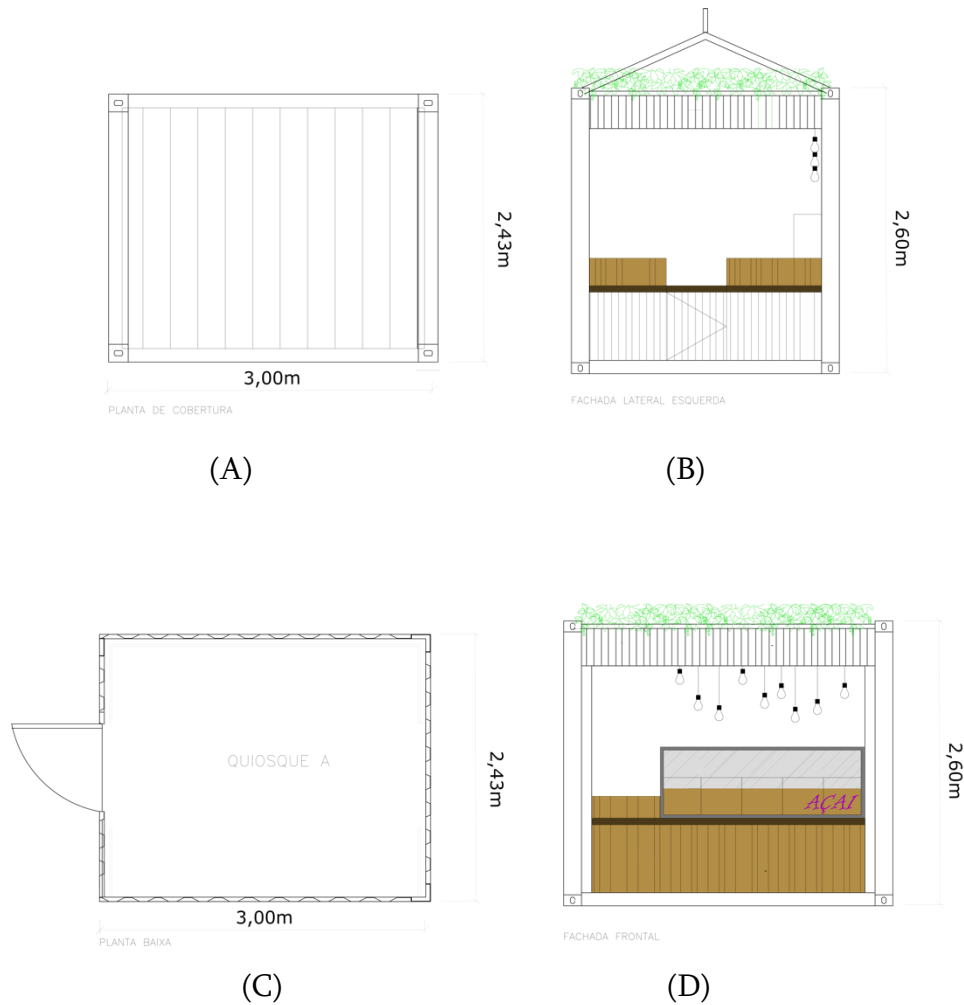
O *Quiosque A* foi inaugurado em novembro de 2020 e apresenta arquitetura moderna e sustentável, construída a partir da reutilização de container marítimo, composto por cozinha vitrine com balcão de atendimento, tendo uma área total de 7,29 m<sup>2</sup>. É uma construção racionalizada, caracterizada pela velocidade de construção e baixo custo, permitindo, inclusive, remoção para outro local. Encontra-se em um dos espaços públicos mais movimentados e modernos da cidade, localizado no Setor de Clubes Sul, no shopping Pier 21. A Figura 7 apresenta uma vista geral do *Quiosque A*.

FIGURA 7 - VISTA GERAL DO QUIOSQUE A



O empreendimento é do ramo alimentício do tipo fast-food saudável, sendo uma loja de vendas de açaí. Para não depender de um espaço dentro do shopping e buscar por uma inovação diferenciada, a administração do shopping propôs que o empreendimento ficasse na sua fachada frontal. A Figura 8 apresenta a planta baixa e a vista lateral do *Quiosque A*.

FIGURA 8 - PLANTA DE COBERTURA (A) FACHADA LATERAL ESQUERDA (B) PLANTA BAIXA (C) FACHADA FRONTAL (D).



A Tabela 7 apresenta os materiais construtivos utilizados no *Quiosque A* e onde se localiza cada material no quiosque.

TABELA 7 - DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS *QUIOSQUE A*

LOCAL	MATERIAL
Piso	Porcelanato
Parede	Chapas de aço Gesso acartonado com lã de rocha Pintura interna e externa com tinta esmalte

<b>Teto</b>	Aço Forro de gesso
<b>Acabamentos</b>	Acessórios metálicos Madeira de demolição Lâmpadas LED

O *Quiosque A* está localizado na fachada mais ensolarada. Para diminuir o impacto, foi proposta a criação de dois protetores solares com uso de chapas dobradas, conforme detalhe apresentado na Figura 9.

FIGURA 9 - DETALHES CONSTRUTIVOS *QUIOSQUE A*

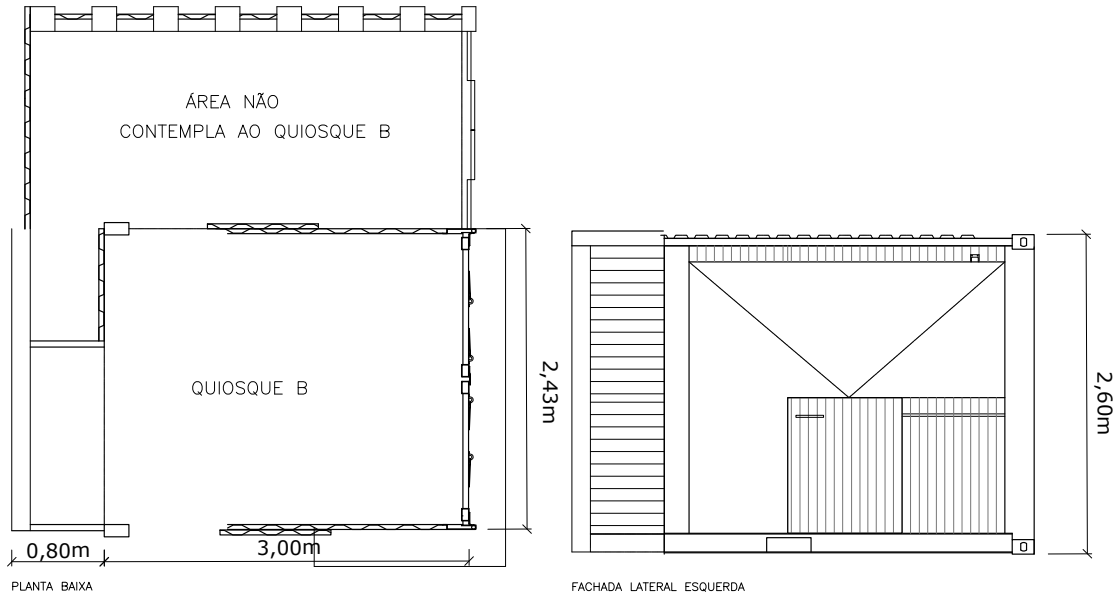


### 3.2.1.2 *Quiosque B*

O *Quiosque B* é uma construção racionalizada que se encontra em um posto de gasolina, localizado ao lado de uma loja de conveniência na QI 9, no Lago Sul, em Brasília. Apresenta arquitetura moderna e sustentável, construída a partir da reutilização de container marítimo, com área total de 7,29 m<sup>2</sup>.

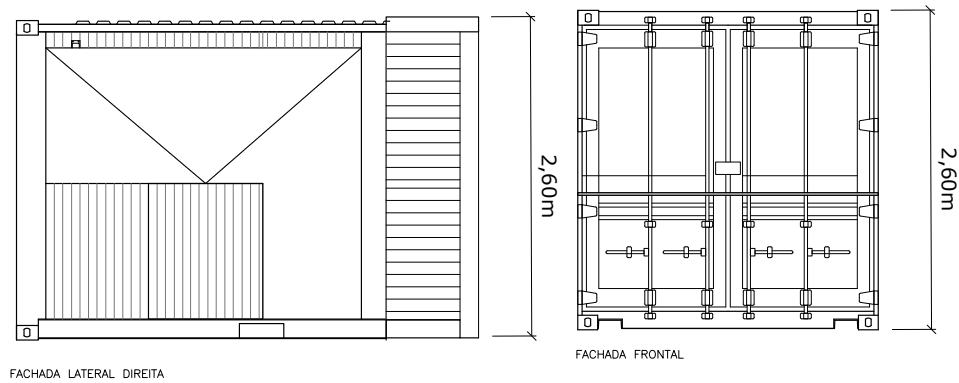
O quiosque é do ramo alimentício de delivery de sanduíches artesanais e foi inaugurado em dezembro de 2020. A planta baixa, vista lateral e imagem do *Quiosque B* são apresentados na Figura 10. Na Figura 9(a), a área à esquerda, de 80 cm de largura, não faz parte do container, mas da edificação existente.

FIGURA 10 - PLANTA BAIXA (A), FACHADA LATERAL ESQUERDA (B), FACHADA LATERAL DIREITA (C), FACHADA FRONTAL (D), PLANTA DE COBERTURA (E), E DETALHE DO QUIOSQUE B (F).



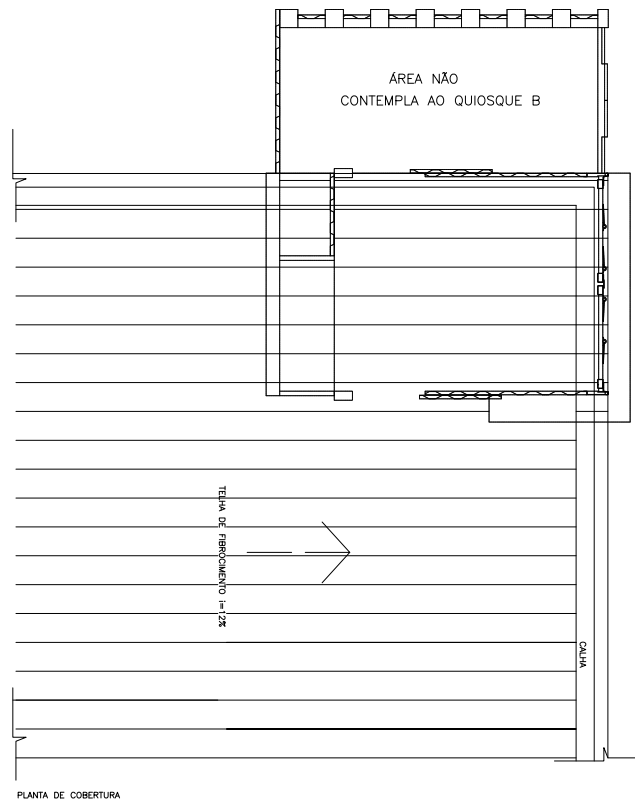
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)



(f)

O quiosque teve parte de sua execução feita em uma oficina de customização, recebeu tratamento anticorrosivo e pintura de proteção, e a outra parte foi executada *in loco*. Os materiais utilizados no *Quiosque B* são descritos na Tabela 8.

TABELA 8 - DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS DO QUIOSQUE B

LOCAL	MATERIAL
Piso	Porcelanato
Parede	Chapas de aço Pintura interna e externa com tinta esmalte
Teto	Aço Cobertura de sombreamento com telha de aço galvanizado
Acabamentos	Acessórios metálicos Madeira de demolição Lâmpadas LED

### 3.2.1.3 Carta Solar dos Quiosques

A cidade de Brasília, situada no Planalto Central do Brasil, é caracterizada pelo clima Tropical de Altitude, de acordo com a classificação de Köppen, onde são identificadas duas estações nitidamente distintas: quente e úmida (outubro a abril) e seca (maio a setembro) (MACIEL, 2002). Como é possível observar nos climas compostos, verificam-se condições muito semelhantes ao clima tropical úmido, durante o período de chuvas, e semelhantes ao clima tropical seco no período de seca, embora não demonstrem a consistência e os extremos que lhes são característicos. Observa-se ainda uma terceira estação dentro do período seco, com dias ensolarados, de baixa umidade relativa, e noites frias desconfortáveis, à qual se refere como fria e seca.

O Distrito Federal está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, ocupando o centro-leste de Goiás. A cidade de Brasília está localizada na parte centro-oeste do Distrito Federal, situada aproximadamente a 16° de latitude sul, apresentando altitude média de 1100 metros. A cidade está situada em um sítio convexo e de acordo com a CODEPLAN (1984), *apud* Maciel (2002),

Este sítio caracteriza-se por estar aberto a toda influência dos ventos predominantes, e durante os períodos de calmaria, tem uma topografia ideal para promover a drenagem do ar através do sítio da cidade. O ar se move desde o Planalto alto e seco através da cidade e drena-se dentro do vale arborizado do rio São Bartolomeu. A área do sítio é bem drenada, condição esta que reduzirá a umidade a um mínimo (CODEPLAN,1984 *apud* MACIEL, 2002).

A classificação climática do Distrito Federal, realizada pela CODEPLAN (1984), *apud* Maciel (2002), distingue duas variedades de clima levando em conta o maior ou menor grau de temperatura. “Considera-se que, uma vez que não há variação significativa decorrente da continentalidade, nem da latitude, a variação da temperatura está relacionada apenas às variações altimétricas locais”.

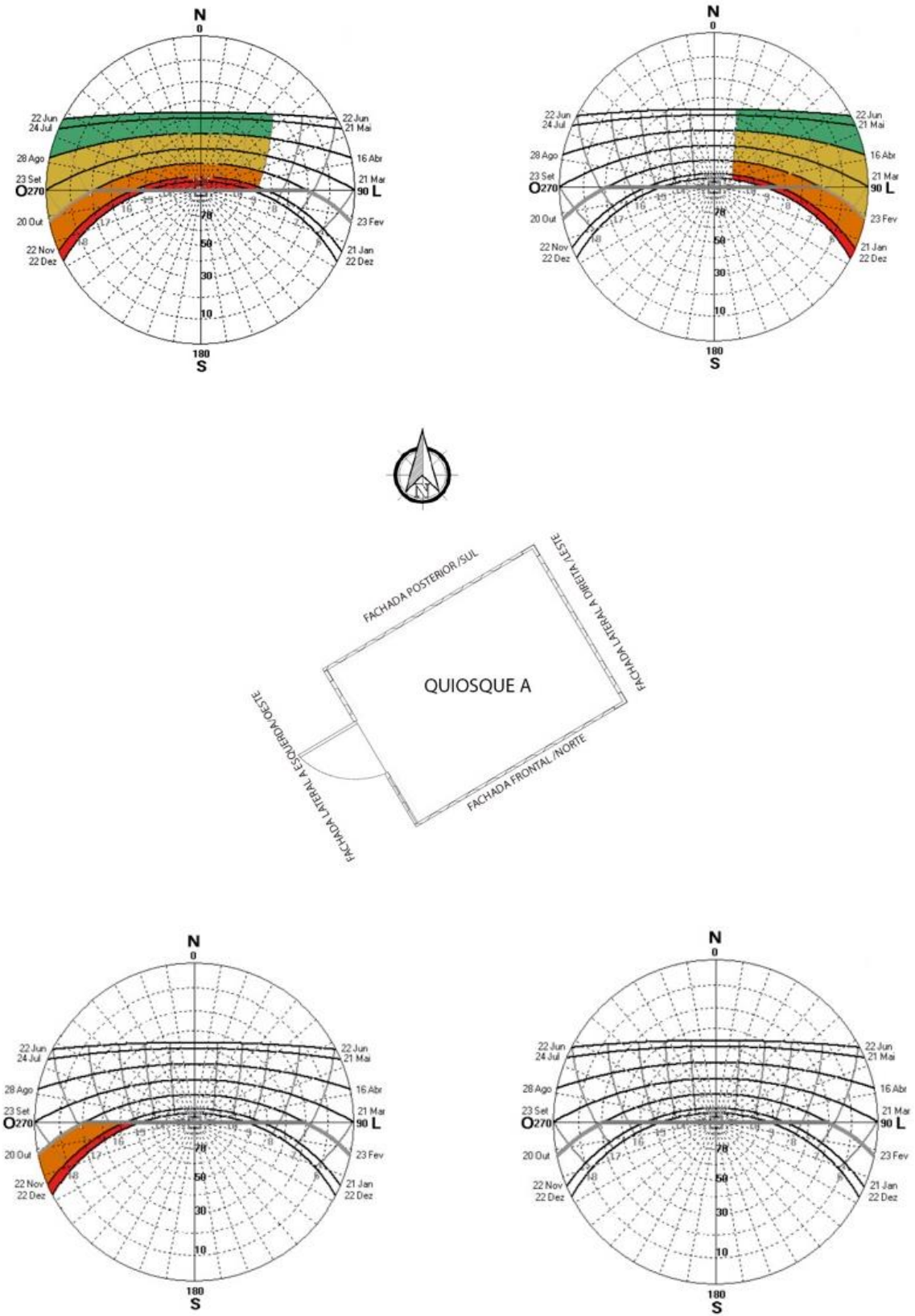
O vento predominante é o vento leste durante quase todo o ano, de acordo com Ferreira (1965) e Goulart *et al.* (1997), *apud* Maciel (2002), e a velocidade média é baixa, entre 2 e 3 m/s predominantemente. A insolação anual é de cerca de 2370 horas de acordo com os dados do INMET (1992).

A identificação dos períodos de incidência solar direta sobre as fachadas ao longo do ano foi feita com uso de carta solar de projeção estereográfica em ambos os quiosques.

As máscaras de sombra sobre a carta solar para as fachadas norte, sul, leste e oeste do *Quiosque A* estão representadas na Figura 11. O *Quiosque A* apresenta incidência solar mais forte na fachada frontal, posicionada ao norte, ao longo de todo o ano. Observa-se que na fachada frontal há incidência solar todos os dias do ano, no período das 9 às 18 horas. Na fachada posterior, localizada no lado sul, não há incidência solar ao longo do ano. Na fachada lateral esquerda, a incidência solar ocorre no equinócio apenas em novembro e dezembro, no período das 15 às 18 horas. Na fachada lateral direita, posicionada a leste, a incidência solar ocorre no período da manhã, entre 6 e 11 horas.



FIGURA 11 - IMPLANTAÇÃO E CARTA SOLAR DO QUIOSQUE A

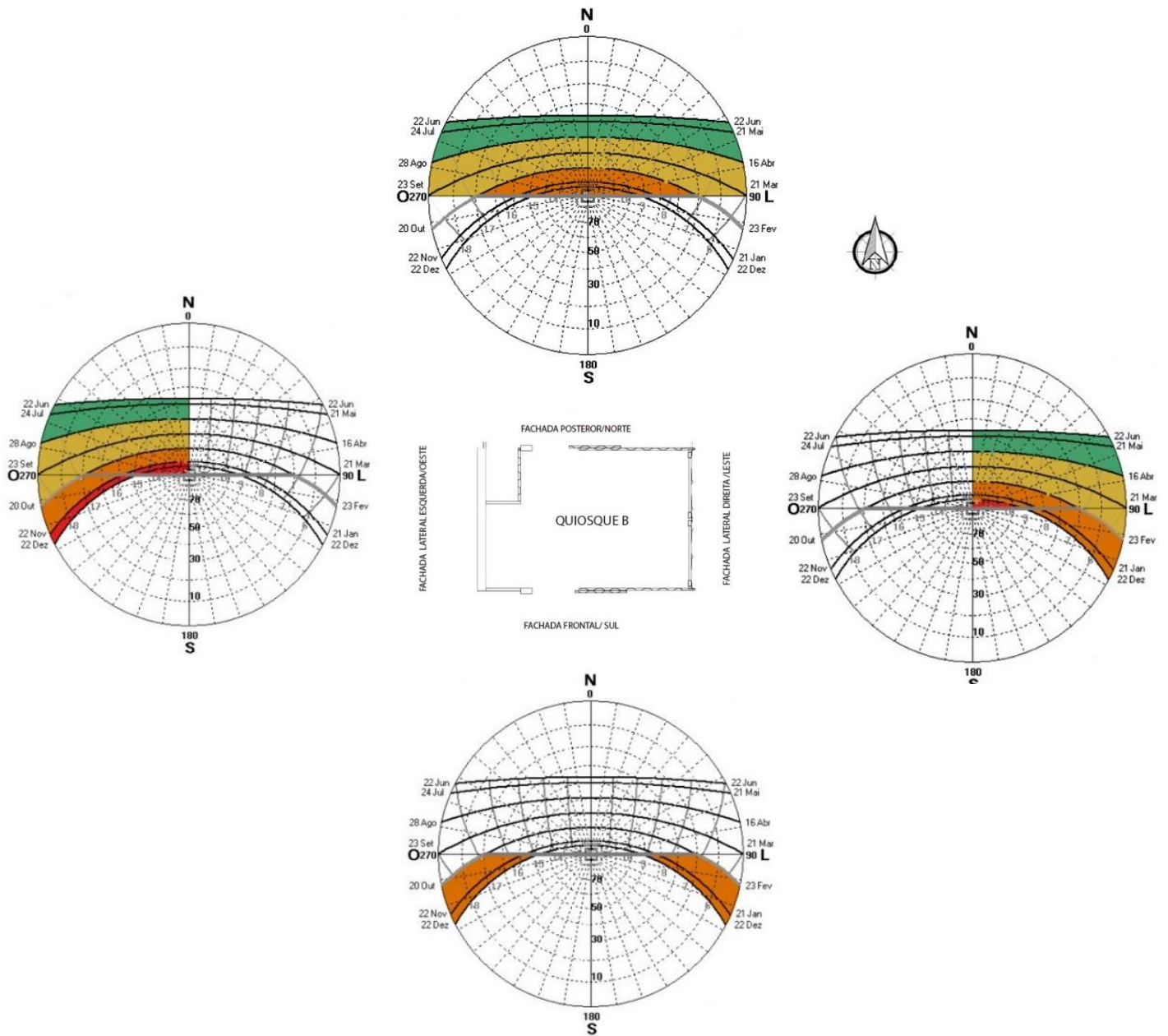


Nesta análise fica evidente a necessidade de um beiral ou alguma solução de sombreamento na fachada principal do *Quiosque A* pelo fato deste estar posicionado para a posição norte. A presença de vegetação ao longo dessa fachada, pergolado ou estratégias de resfriamento evaporativo podem auxiliar na resolução do desconforto por calor no quiosque.

Na fachada leste, a incidência solar ocorre no período da manhã, das 6 às 11 horas. Na fachada oeste, a incidência solar ocorre em novembro e dezembro, das 15 às 18 horas, e na fachada sul não há incidência solar nos solstícios de junho e dezembro.

A identificação dos períodos de incidência solar direta sobre todas as fachadas ao longo do ano do *Quiosque B* pode ser observada nas máscaras de sombra sobre a carta solar de projeção estereográfica de Brasília, apresentada na Figura 12.

FIGURA 12 - IMPLANTAÇÃO E CARTA SOLAR DO QUIOSQUE B



Na análise, foi observado que a fachada lateral esquerda do *Quiosque B*, localizada a oeste, recebe incidência solar em todo o ano e à tarde. A fachada frontal, localizada a sul, recebe incidência solar no período das 6 às 9 horas e de 15 às 18 horas. A fachada lateral à direita recebe incidência solar pela manhã durante o solstício de junho (inverno) e solstício de dezembro (verão).

### 3.2.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico está intimamente ligado à adequação do sistema de fechamento interno e externo da edificação, ao sistema de ventilação, resfriamento ou aquecimento, bem como a um projeto arquitetônico que deve ser adequado às condições climáticas do local.

Como mencionado anteriormente, o presente estudo foi realizado em dois quiosques com chapas de containers metálicos na cidade de Brasília. Com a finalidade de obter um resultado significativo para o desempenho térmico em projetos arquitetônicos construídos com esse sistema, com dimensões arquitetônicas e climáticas semelhantes, a partir do estudo aqui proposto, realizou-se ainda um estudo através de simulação computacional propondo diferentes sistemas construtivos para vedação e cobertura em seis cenários para quiosques. O estudo foi efetuado através de simulação numérica utilizando o programa Energy Plus.

A metodologia proposta no presente estudo considerou os critérios estabelecidos para a avaliação do desempenho térmico mínimo proposto pelas normas ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013), NBR 15220 (ABNT, 2005<sup>a</sup>) e NBR 16401-2 (ABNT, 2008), que consideram parâmetros para transmitância térmica de paredes externas e coberturas, bem como as exigências de desempenho relacionando à temperatura interna e externa dos quiosques.

#### 3.2.2.1 SIMULAÇÃO NUMÉRICA

As ferramentas para simulação de desempenho térmico em edificações permitem a modelagem de elementos de sombreamento e obstruções externas, além de trabalhar com arquivo climático com dados horários anuais.

A simulação numérica é realizada para o estudo de estratégias de projeto que visam a melhorar o desempenho térmico de forma a proporcionar um conforto térmico adequado aos usuários.

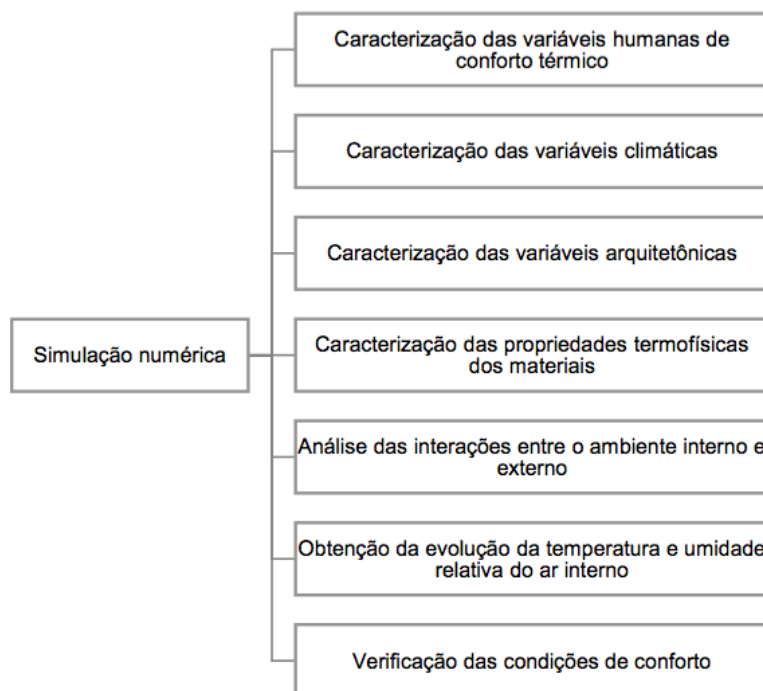
O desempenho térmico dos quiosques foi avaliado segundo as normas NBR 15220 (ABNT, 2005a) e a NBR 15575 (ABNT, 2013). A primeira norma trata-se das características térmicas dos materiais que compõem os elementos construtivos, como paredes e coberturas, e traz recomendações projetuais para cada zona bioclimática definida para o país, como área e

sombreamento de aberturas, e estratégias passivas de condicionamento (ABNT, 2005). Já a segunda trata, a avaliação de desempenho de edificações de modo mais abrangente, definindo outros critérios, como o térmico (ABNT, 2013). Cabe ressaltar que ambas são focadas em edificações habitacionais.

O parâmetro para avaliação do desempenho térmico definido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) é uma comparação entre a temperatura interna e externa do edifício, em dias típicos de verão e inverno. Foi considerado o nível mínimo de desempenho.

Os estudos de casos foram simulados no programa *Energy Plus* (versão 9.5.0) seguindo as etapas propostas na Figura 13, baseados na proposta apresentada por Lawrence (2008), que apresenta os principais elementos para a simulação numérica.

FIGURA 13 - PRINCIPAIS ELEMENTOS PARA A SIMULAÇÃO NUMÉRICA



Fonte: Lawrence, 2008.

A NBR 15.575-1 determina que, para os casos em que a avaliação pelo método simplificado resulte em desempenho térmico insatisfatório, o desempenho térmico da edificação seja avaliado pelo método da simulação computacional.

A avaliação do desempenho térmico do modelo considerou as condições climáticas da zona bioclimática brasileira 4, prevista na parte 6 da norma de desempenho térmico NBR 15220-3:2005. Como não há critérios estabelecidos para estabelecimentos comerciais, foi necessário observar os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Segundo esta norma, deve-se desconsiderar a presença de fontes internas de calor na análise de desempenho térmico, uma vez que está sendo considerada apenas a envoltória.

Ainda assim, foram utilizados os dados climáticos do INMET mais recentes, as informações construtivas e dados da NBR 15220 (ABNT, 2005a) – Desempenho térmico de Edificações Parte 2: métodos de cálculos da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. A Tabela 9 apresenta os dados geográficos da cidade de Brasília. Utilizou-se o dia típico de verão e o de inverno para o estudo, conforme as diretrizes da norma NBR 15.575 (ABNT, 2013), conforme apresentado nas Tabelas 9, 10 e 11.

**TABELA 9 - ZONA BIOCLIMÁTICA DA CIDADE DE BRASÍLIA.**

ZONA BIOCLIMÁTICA	LOCALIZAÇÃO ESTIMADA	LATTITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
4	BRASÍLIA	15° 47'	47° 56'	1.172m

Fonte: NBR 15220-3 - ABNT, 2005b.

**TABELA 10 - VALORES DE DIA TÍPICO DE VERÃO**

	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (°C)	RADIAÇÃO (WH/M2)	NEBULOSIDADE
<b>Dia típico verão</b>	31,2	18,7	20,9	4625	4

Fonte: NBR 15575 – ABNT, 2013.

TABELA 11 - VALORES DE DIA TÍPICO DE INVERNO

	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (°C)	RADIAÇÃO (WH/M2)	NEBULOSIDADE
<b>Dia típico inverno</b>	10	22,2	14,8	4246	3

Fonte: NBR 15575 – ABNT, 2013.

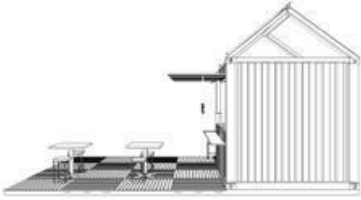


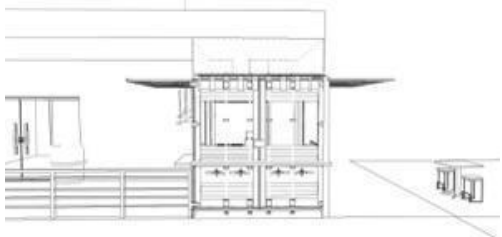
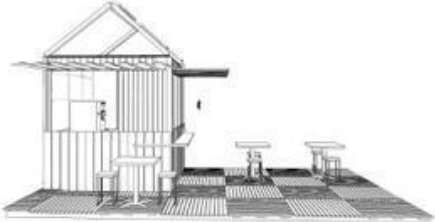


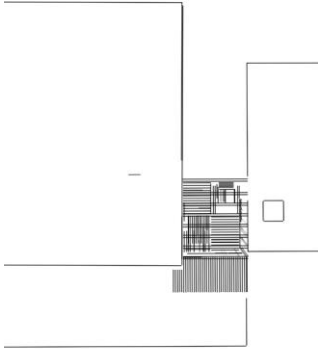
Para o desenvolvimento das simulações no *Energy Plus* foi necessário obter os dados de entrada do estudo de caso a ser aplicado no software. Os dados de entrada devem ser definidos como pré-requisitos da simulação como um todo, nisso devem ser planejados a modelagem geométrica do estudo de caso (definição dos cenários), o perfil de ocupação densidade ocupacional (pessoas/m<sup>2</sup>), as potências instaladas de iluminação e equipamentos (W/m<sup>2</sup>) e a caracterização dos componentes construtivos.

Segundo Siqueira (2005), a análise térmica de uma edificação é feita por meio da resposta da relação entre as interações térmicas entre o ambiente externo e interno. Além disso, é importante também caracterizar as fontes internas de calor, observando-se o perfil de ocupação, o perfil de iluminação e os equipamentos existentes.

#### a) Definição da modelagem geométrica

Para ser realizada a modelagem geométrica do estudo de caso utilizando o programa *Energy Plus*, foi necessário identificar as características predominantes dos quiosques, bem como as fachadas e a cobertura, representadas na Tabela 12.

TABELA 12 - VISTA DAS FACHADAS E COBERTURA DOS QUIOSQUES QUIOSQUE A E B

	<i>QUIOSQUE A</i>	<i>QUIOSQUE B</i>
FACHADA LATERAL ESQUERDA		
FACHADA FRONTAL		
FACHADA LATERAL DIREITA		
COBERTURA		

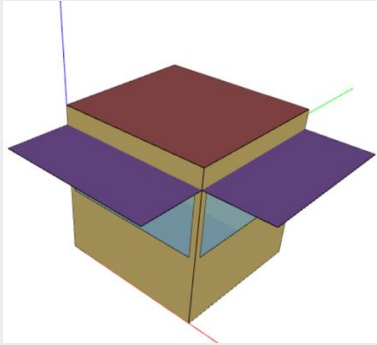


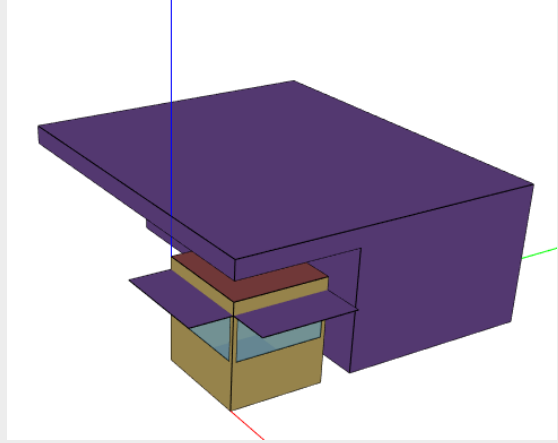
Os quiosques avaliados possuem características semelhantes em relação às aberturas das janelas fechamentos e metragem, contudo, em relação à cobertura, o *Quiosque A* está totalmente exposto ao sol e o *Quiosque B* possui uma cobertura extra para sombreamento em aço de container, com área de 110 m<sup>2</sup>, criando uma grande varanda aberta.

Para embasar a análise global do desempenho térmico da edificação, alguns parâmetros de construção foram adaptados para viabilizar a simulação numérica. Considerou-se diferentes combinações, buscando opções que pudessem melhorar o desempenho térmico de quiosques construídos em aço de container para as condições climáticas de Brasília, baseado nas pesquisas bibliográficas realizadas.

A Tabela 13 apresenta os materiais construtivos utilizados para a realização da simulação numérica, descritos em teto (cobertura) e parede (revestimento externo), sendo considerados seis cenários incluindo os existentes para os quiosques A e B.

**TABELA 13 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO NUMÉRICA**

CENÁRIO	MATERIALIDADES	MODELAGEM GEOMÉTRICA
I	Teto – aço Parede – aço com pintura esmalte escura	
II	Teto – concreto Parede – tijolo cerâmico + reboco e pintura	
III	Teto – aço Parede – aço com gesso acartonado + lã de rocha	
IV	Teto – aço Parede – aço com pintura esmalte clara	

V	Teto - aço com telha termo acústica Parede – aço	
VI	Teto – aço + área sombreamento Parede - aço com pintura esmalte escura	

Na Tabela 13 constam as descrições dos materiais utilizados nas simulações. A especificação descrita como aço refere-se ao próprio container marítimo que em todas as simulações recebem tratamento com aplicação de primer anticorrosivo tipo zarcão e pintura esmalhada na cor clara (branco) ou escura (preto fosco). Este uso predominante da cor escura tem como objetivo apresentar as características reais da maioria dos containers utilizados na cidade, buscando uma proposta estilo industrial.

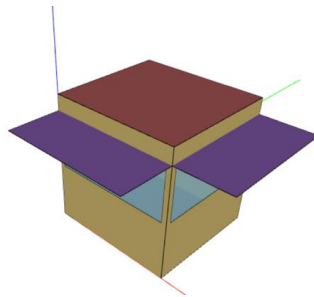
O cenário I corresponde à situação tipo do container, ou seja, sem nenhum tratamento térmico. O cenário II foi desenvolvido para entender como se comporta uma construção convencional nas condições climáticas proposta. O cenário III são as condições do quiosque A, e no cenário IV foi proposto o uso de pintura na cor clara. Para o cenário V buscou-se inserir elementos de isolamento térmico e no cenário VI foi proposto as condições do quiosque B. Todos os cenários, com exceção do IV, foram na cor preta.

Na cobertura, denominado teto, utilizou-se apenas o aço ou ainda o acréscimo de telha termo acústica. O cenário II não considerou o uso do container, utilizou-se um sistema construtivo convencional, com laje de cobertura em concreto, piso porcelanato e paredes em tijolo cerâmico de 15 cm. No cenário III o container recebeu uma placa de gesso acartonado com lã de rocha. O

cenário V recebe uma telha termo acústica com EPS (poliestireno expandido). O cenário VI possui uma espécie de marquise de sombreamento.

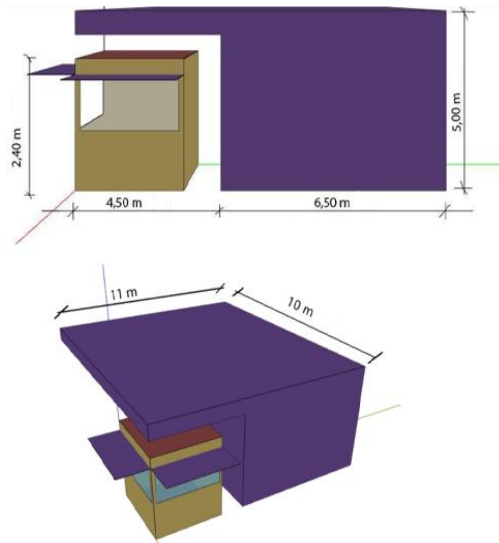
Para o desenvolvimento da modelagem geométrica dos cenários I a V, foi feito o modelo utilizando-se o software *Sketchup* para definir a cobertura, aberturas e fechamentos. Para efeitos de consistência da modelagem, foi considerado um modelo tipo na simulação (Figura 14), com medida de 3 metros de comprimento por 2,43 metros de altura. O comprimento de 3 metros corresponde a meia chapa de um container cujo tamanho total são 6 metros. Podemos observar que foram considerados em dois lados do quiosque um vão aberto, localizado nas fachadas norte e oeste, representado pela cor azul e uma área de sombreamento também em aço, representada pela cor roxa.

FIGURA 14 - MODELAGEM GEOMÉTRICA DOS CENÁRIOS I, II, III, IV E V



No cenário VI, o modelo tipo padrão foi mantido, porém foi acrescida uma grande área de cobertura, que retrata a condição real construtiva do *Quiosque B*. Essa cobertura é em aço de container marítimo, com medidas de 11 metros de largura por 10 metros de comprimento e está sobre o quiosque, conforme apresentado na Figura 15.

FIGURA 15 - MODELAGEM GEOMÉTRICA DO CENÁRIO VI



#### b) Perfil de ocupação e densidade de potência de iluminação e equipamentos

O perfil de ocupação e a densidade de potência de iluminação e equipamentos são dados de entrada que devem ser configurados nos primeiros passos do *Energy Plus*. As atividades que o homem realiza em um determinado ambiente produzem alterações na composição do ar que o envolve.

Por isso, o perfil de ocupação foi determinado em função da densidade horária da distribuição de pessoas no período de funcionamento dos quiosques, considerado entre 11 e 23 horas, para ambos os quiosques. Por terem a mesma quantidade de pessoas trabalhando no local, o valor obtido para o perfil de ocupação foi de 0,32 pessoas/m<sup>2</sup> calculado pelo programa *Energy Plus*. Os dados da iluminação dos quiosques, medidos pela densidade de potência de iluminação e equipamentos, obtidos por zona térmica e tipos de luminárias empregadas, são obtidos pela NBR 5413, que estabelece a iluminância mínima para o ambiente. Foi usado como potência o valor de 7,64 W/m<sup>2</sup> para os quiosques A e B.

#### c) Caracterização dos componentes construtivos

Para a simulação dos cenários propostos (Tabela 13), foi necessário obter as propriedades térmicas de cada material construtivo, conforme apresentado pela NBR 15220-2:2005, bem como as espessuras utilizadas, apresentados respectivamente nas Tabelas 14 e 15. Para as simulações,

considerou-se valores de resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas (Rar) nas paredes e tetos, entre o aço e o isolamento térmico (quando existente), pois os mesmos possuem dois grandes vãos em duas fachadas.

**TABELA 14 - PROPRIEDADE DOS MATERIAIS: DENSIDADE DE MASSA APARENTE (P), CONDUTIVIDADE TÉRMICA ( $\lambda$ ), CALOR ESPECÍFICO (C) E ESPESSURA (E) DOS MATERIAIS.**

MATERIAL	DENSIDADE DE MASSA APARENTE P(kg/m <sup>3</sup> )	CONDUTIVIDADE TÉRMICA W/(m.K)	CALOR ESPECÍFICO cal/mh °C	ESPESSURA m
Tijolo cerâmico	1000-1300	0,70	0,92	0,15
Aço	7800	55	0,46	0,002
Gesso acartonado	750-1000	0,35	0,84	0,0125
Lã de rocha	20-200	0,045	0,75	0,050
Concreto normal	2200-2400	1,75	1,00	0,15

Fonte: NBR 15220-2 - (ABNT, 2005a).

De acordo com a Tabela 13, o tijolo cerâmico foi usado no cenário II e o aço foi utilizado nos cenários I, III, IV, V e VI. O gesso acartonado e lã de rocha estão presentes no cenário III e o concreto normal foi utilizado como teto (cobertura) no cenário II.

Para os cálculos das coberturas em chapa de aço ou tipo sanduíche, consideradas nas simulações, foram utilizados os valores de espessuras, condutividades térmicas, densidade e calor específico apresentados na Tabela 15.

TABELA 15 - COBERTURAS E SUAS PROPRIEDADES TERMO FÍSICAS

COBERTURA	CAMADAS	ESPESSURA (m)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/m.K)	DENSIDADE (kg/m <sup>3</sup> )	CALOR ESPECÍFICO cal/g °C
<b>Chapa aço (container)</b>	Painel de teto corrugado (aço)	0,03	55	7800	0,36
<b>Telha sanduíche</b>	Camada superior em aço de container + espuma de poliuretano (EPS) + camada inferior em aço de container	0,051	0,03	20	0,028

Fonte: Adaptado de Viana (2018).

A lã de rocha, por ter propriedades de isolamento térmico, foi usada no cenário III. A Tabela 16 apresenta as especificações que foram utilizadas para o desenvolvimento da simulação utilizando esse isolamento.

TABELA 16 - MATERIAIS ADICIONAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO.

ISOLAMENTO	ESPESSURA m	CONDUTIVIDADE TÉRMICA W/m.K	MASSA ESPECÍFICA kg/m <sup>3</sup>	CALOR ESPECÍFICO cal/g °C	RESISTÊNCIA TÉRMICA m.K / W
Lã de rocha	0,03	0,045	100	750	-

Fonte: NBR 15.220: 2005

A absorvância solar das superfícies opacas de cores claras ou escuras encontra-se na Tabela 17, conforme valores apresentados por Dornelles (2008). A especificação de tinta acrílica opaca na cor escura (preta) foi usada em quase todos os cenários (I, II, III, V e VI) por ser a cor predominante nos projetos que utilizam containers, remetendo a um estilo mais industrial, ficando a cor clara apenas na simulação do cenário IV.

TABELA 17 - ABSORTÂNCIAS PARA TINTAS NA COR CLARA OU ESCURA.

ESPECIFICAÇÃO TINTA ACRÍLICA	ABSORVÂNCIA ( $\alpha$ )
Cor clara	60,3
Cor escura	97,7

Fonte: Adaptado de Dornelles (2008).

A taxa de renovação de ar é definida como a quantidade de vezes que certo volume de ar pode ser variado e totalmente substituído em um determinado intervalo de tempo e em um mesmo espaço. Foram utilizados os dados da taxa de renovação de ar nos dados de entrada do *Energy Plus* com uma taxa de 1 ren/h e 5 ren/h, conforme proposto na NBR 15575 (ABNT, 2013). As simulações numéricas com diferentes taxas de renovação de ar não geraram variações significativas nos resultados do estudo realizado por Viana *et al.* (2019) para três zonas bioclimáticas litorâneas brasileiras. Obteve-se uma variação de 0,7%, modificando o tamanho das aberturas em até 1/3 na área inicial das aberturas, ou seja, uma diferença mínima. Foi observado que o aumento da temperatura se deu em função do aumento da área envidraçada, que

potencializa o efeito estufa.

Como as taxas de renovação do ar são fixas, a modificação no tamanho da abertura não afeta diretamente a ventilação natural, mas implica em uma variação na temperatura interna dos ambientes devido ao aumento da área envidraçada. Após as configurações e o preenchimento de todos os dados de entrada do programa *Energy Plus*, será possível chegarmos aos dados de saídas: temperatura e umidade relativa do ar, conforme as necessidades deste estudo.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), a simulação foi desenvolvida sem ganhos casuais (ou seja, excluindo os ganhos térmicos de iluminação artificial, equipamentos elétricos e eletrônicos e da presença humana), sem condicionamento artificial e assumindo uma taxa de infiltração natural de uma renovação por hora (1 ren/h).

Na análise de conformidade dos critérios propostos - transmitância térmica de vedações externas e coberturas, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005a), serão utilizadas as equações apresentadas no Capítulo 2. Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas e cobertura na zona bioclimática 4, do Distrito Federal, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), estão representados na Tabela 5 e 6.

#### d) Aberturas

Para as simulações, é necessário que os ambientes de permanência prolongada devam ter aberturas para ventilação com áreas que atendam à legislação local. O Código de Edificações do Distrito Federal - COE (2018) estabeleceu que os vãos de iluminação e aeração devem corresponder respectivamente a 1/8 e 1/16, ou seja, as aberturas para ventilação devem ser superiores a 6,25% da área do piso.

Quando não houver exigências de ordem legal de um determinado território para a implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Tabela 18.



TABELA 18 - CRITÉRIO DE PORCENTAGEM MÍNIMA – ABERTURA PARA VENTILAÇÃO

Nível de desempenho	ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO (A)	
	Aberturas médias Zonas 1 a 7	Aberturas grandes Zona 8
<b>Mínimo</b>	$A \geq 7\%$ da área do piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE
Nota: Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser possíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: NBR 15575 - ABNT, 2013.

Para avaliar as áreas mínimas de ventilação para os *Quiosques A e B*, avaliou-se o projeto arquitetônico, considerando a seguinte relação:

$$A = 100 \cdot (Aa/Ap) (\%)$$

onde:

$Aa$  - é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo; nesta área são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel é computada.

$Ap$  - é a área de piso do ambiente.

### 3.2.3 MEDIÇÕES *IN LOCO*

Foram realizadas medições *in loco* da temperatura, umidade relativa do ar, intensidade sonora e luminosa no interior dos containers em 31 de maio e 31 de agosto de 2021. O equipamento utilizado na coleta de dados é um termo-higro decibelímetro luxímetro - modelo THDL-400 (Figura 16).

FIGURA 16 - EQUIPAMENTO TERMO-HIGRO-DECIBELÍMETRO-LUXÍMETRO



As medidas *in loco* foram coletadas para auxiliar na interpretação da percepção dos usuários que participaram da avaliação de aspectos subjetivos através de uma ferramenta de avaliação pós-ocupação para análise da percepção dos quiosques, utilizando critérios da neurociência aplicada à arquitetura.

### 3.2.3.1 PERCEPÇÃO DO USUÁRIO

Foi elaborado um questionário utilizando princípios da neurociência aplicada à arquitetura, procurou-se observar as necessidades dos ocupantes dos quiosques, aspectos importantes para adequar o local avaliado e os desejos ocupacionais.

Ao elaborar um questionário, é importante que as perguntas não induzam as respostas e que as opções de respostas sejam equilibradas, ou seja, a mesma quantidade para respostas positivas e negativas, podendo haver uma opção neutra entre outras (ONO *et al.*, 2018). Sabendo que os resultados observados pelos usuários são pessoais e dependem de diferentes variáveis, difíceis de serem isoladas, como idade, tempo de permanência, estado emocional, horário, estado de saúde, fatores genéticos e culturais, até influências do meio externo, essa ferramenta pode ser importante para as melhorias de projeto. Contudo, nem todos esses parâmetros puderam ser avaliados na presente pesquisa.

A arquitetura interfere e gera alterações no corpo e mente do indivíduo de uma maneira singular e subjetiva, tendo os aspectos projetuais para que haja coesão e entendimento do projeto pelo público que habita o espaço. “Esse entendimento ocorre de forma involuntária, isto é, não entendemos as técnicas ou processos com os quais o espaço se edifica, mas processamos as sensações e posteriormente emoções” (DAMÁSIO, *apud* FARIA, 2018) que são provocadas pelo espaço.

Para elaborar o questionário aqui proposto, utilizou-se das recomendações do curso prático - Despertando aos ambientes: prática para escala de auto percepção, apresentado em 2021 pelas arquitetas Gabriela Sartori e Priscilla Bencke, da Neuroarq Academy, que consideram as variáveis ambientais - cores, aromas, sons, formas, biofilia, iluminação e personalização, sendo os principais estímulos para despertar as sensações, as emoções e as percepções do indivíduo no ambiente.

Como ferramenta de auto percepção dos ambientes foi proposto um formulário (Forms Office) que avaliou a experiência ou a sensação do indivíduo no ambiente através dos sentimentos positivos ou negativos observados no ambiente, que se encontra no Anexo 1. O formulário considera a experiência como positiva, negativa ou neutra. Como sensações negativas são considerados se o usuário se sentiu ansioso, confuso, cansado, desanimado, desconfortável, estressado, enfurecido, indiferente ou preocupado e como sentimento positivo, se ele se sentiu animado, atento, calmo, feliz, grato, inspirado, motivado, relaxado ou satisfeito. O formulário avalia ainda o tempo de permanência no ambiente e a atividade executada.

O questionário foi desenvolvido procurando relacionar a influência das variáveis ambientais na percepção da edificação pelo indivíduo. A Tabela 19 apresenta os principais pontos observados na percepção dos estímulos segundo as variáveis ambientais, sendo estes: cor, aromas, sons, formas, biofilia, iluminação e personalização.

TABELA 19 - PERCEPÇÃO DOS AMBIENTES SEGUNDO AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

VARIÁVEIS AMBIENTAIS	PERCEPÇÃO DOS ESTIMULOS
<b>Cores</b>	1. personalidade 2. temperamento
<b>Aromas</b>	3. memória 4. apego
<b>Sons</b>	5. cognição 6. processamento de informação
<b>Formas</b>	7. estética 8. beleza
<b>Biofilia</b>	9. tendências naturais
<b>Iluminação</b>	10. ritmo circadiano
<b>Personalização</b>	11. pertencimento 12. inclusão

De forma mais abrangente, o formulário visa despertar no usuário suas sensações e trazer sua experiência no ambiente de forma ampla pelas cores, aromas, sons, formas, iluminação, biofilia e personalização.

Na elaboração do questionário, que se encontra no Anexo 1, considerando as sete variáveis ambientais, os estímulos foram avaliados segundo doze itens, apresentados na Tabela 19. Nele, as cores foram avaliadas através da presença de cores harmônicas, ausência de monocromatismo (poucas cores) e interação com a natureza através de cores; os aromas, pela interação com o mundo natural através de aromas (alimentos ou plantas) e presença de um local agradável como mesa ou copa para circulação ou socialização; os sons, através do nível de ruído e da interação com o mundo natural através de sons (da natureza) no ambiente; as formas, através do uso de materiais naturais que tragam sensação de beleza, uso de formas orgânicas e menos pontiagudas e conexão com a natureza através de estímulos pelo tato, audição ou olfato (materiais, grãos, texturas); o paisagismo, pela conexão visual com a natureza, uso de objetos ou textura que permitem o toque, utilização

de plantas, aquíferos, fluxo de ar natural ou brisas, uso de referências à natureza por texturas, padrões e cores inspiradas na natureza e presença de água (ver, ouvir, tocar); da iluminação natural e artificial, sem ofuscamento ou desconforto; e a personalização, através da sensação de pertencimento e bem-estar e inclusão no local, sensação de conforto e humanização.

## CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados da avaliação do desempenho térmico através de medições *in loco* dos *Quiosques A e B*, construídos com containers marítimos, na cidade de Brasília e, ainda por simulação numérica, utilizando um modelo tipo de quiosque, com 3 metros de comprimento, empregando seis diferentes cenários para o sistema construtivo de revestimento externo e cobertura.

Foram realizadas coleta de dados *in loco* e análise da percepção dos usuários segundo critérios da neurociência através de questionários, buscando compreender o conforto e o desempenho térmico dos quiosques para as condições climáticas e construtivas existentes.

### 4.2 RESULTADOS E ANÁLISES DO DESEMPENHO TÉRMICO

A avaliação foi realizada por meio do método da simulação computacional, conforme diretrizes das normas NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2005), utilizando o software *Energy Plus* para a zona bioclimática 4. Foi definida a área e o sombreamento de aberturas e estratégias passivas de condicionamento. Cabe ressaltar que as normas são focadas em edificações habitacionais, não havendo normas para quiosques comerciais.

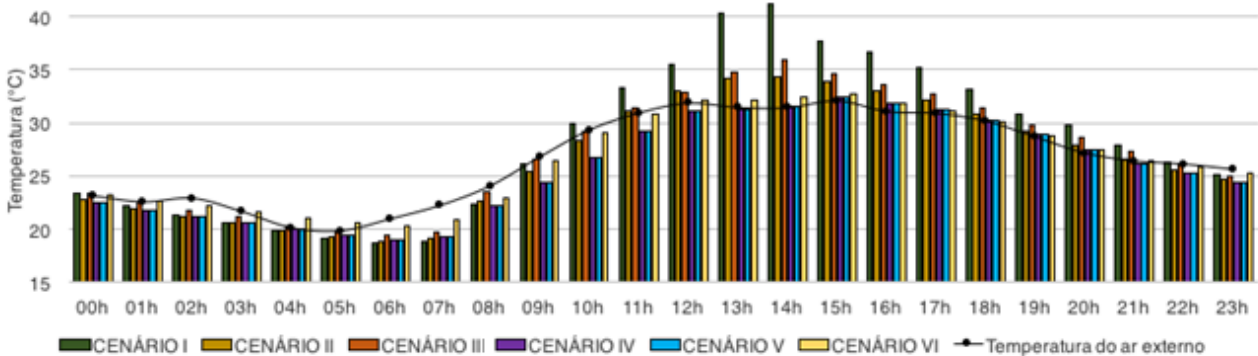
Na análise de desempenho térmico, considerou-se seis cenários, com diferentes sistemas construtivos para teto (cobertura) e parede (vedação), conforme apresentado na Tabela 15, propondo diferentes combinações para alcançar melhores opções de desempenho térmico para os quiosques em aço.

O parâmetro para avaliação do desempenho térmico definido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) é uma comparação entre a temperatura interna e externa da edificação em dias típicos de verão e inverno. O critério utilizado na análise foi o nível mínimo de desempenho.

A Figura 17 apresenta o resultado das simulações realizadas para os seis cenários em um dia típico de verão durante 24 horas. Observa-se que, entre 9 e 21 horas, a temperatura dos seis

cenários ficou acima de 26°C, mostrando claramente que a zona bioclimática 4, onde Brasília está inserida, apresenta uma temperatura alta, para os diferentes sistemas construtivos propostos.

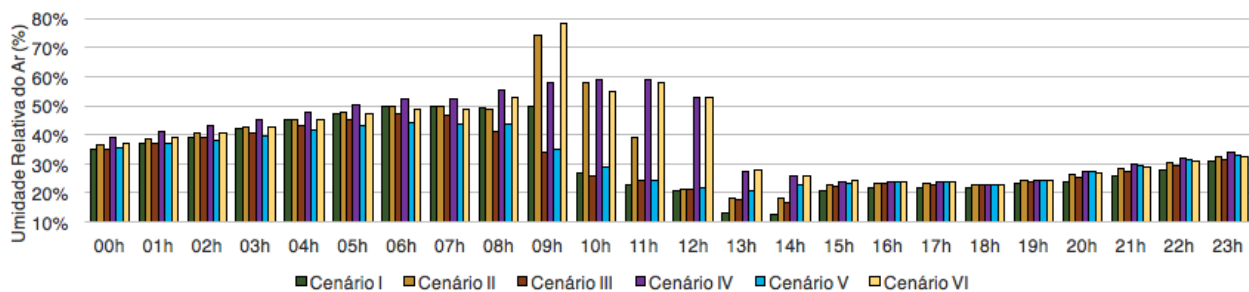
**FIGURA 17 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA (°C) PARA OS SEIS CENÁRIOS PROPOSTOS DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE VERÃO**



No período das 13 às 14 horas, o cenário I, composto por parede em aço de container com tinta esmalte na cor escura, atingiu uma temperatura próxima a 40°C e foi o que apresentou a maior temperatura das 9 às 00 horas.

Foram feitas simulações da umidade relativa do ar no verão para os seis cenários propostos. A Figura 18 apresenta o resultado da umidade relativa do ar, em %, durante 24 horas para um dia típico de verão. A umidade relativa do ar encontrada variou consideravelmente principalmente para os cenários 4 e 6, em que no primeiro utilizou-se pintura na cor clara e no último uma área de sombreamento, fatores que podem ter sido responsáveis por esse aumento na umidade.

**FIGURA 18 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DO AR (%) PARA OS SEIS CENÁRIOS PROPOSTOS DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE VERÃO.**

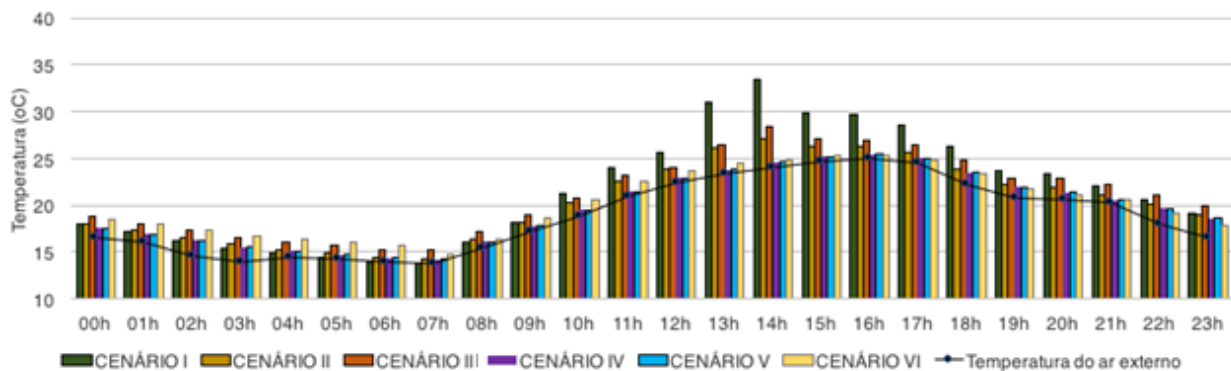


Observa-se que a umidade relativa do ar ficou abaixo de 20% das 13 às 14 horas para os cenários I, II e III, compostos respectivamente, por pintura escura, tijolo cerâmico e gesso acartonado com lã de rocha.

A NBR 16401 (ABNT, 2008) define temperaturas operativas internas que variam de 22,5°C a 25,5°C (para umidade relativa de 65%), e 23,0°C a 26,0°C (para umidade relativa de 35%). Contudo, considerando os critérios de conforto térmico da NBR 16401 (ABNT, 2008) nos períodos mais quentes, os cenários III e VI, mesmo com adição de isolamento em lã de rocha e a cobertura adicional de proteção solar, respectivamente, também apresentam certo nível de desconforto térmico no ambiente interno. No período mais crítico, entre 13 e 16 horas, onde são medidos os menores índices de umidade relativa (abaixo de 35%), foram alcançadas temperaturas acima de 30°C.

A NBR 16401 (ABNT, 2008) recomenda também estudar um dia típico de inverno na análise do desempenho através da simulação numérica. A Figura 19 apresenta o resultado do comportamento das temperaturas dos seis cenários propostos, durante 24 horas, para um dia típico de inverno. Observa-se que a temperatura ficou próxima de 24°C, para a maioria dos cenários, entre 13 e 17 horas.

**FIGURA 19 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA (°C) PARA OS SEIS CENÁRIOS PROPOSTOS DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE INVERNO.**



No cenário I, a temperatura ficou bem acima dos demais cenários no período de 13 e 14 horas, alcançando valores acima de 30°C. Tal fator pode ser observado, possivelmente, pela falta de tratamento térmico na envoltória deste cenário associado ao clima da região, localizada na zona bioclimática 4, em que mesmo no inverno, é bem elevada.

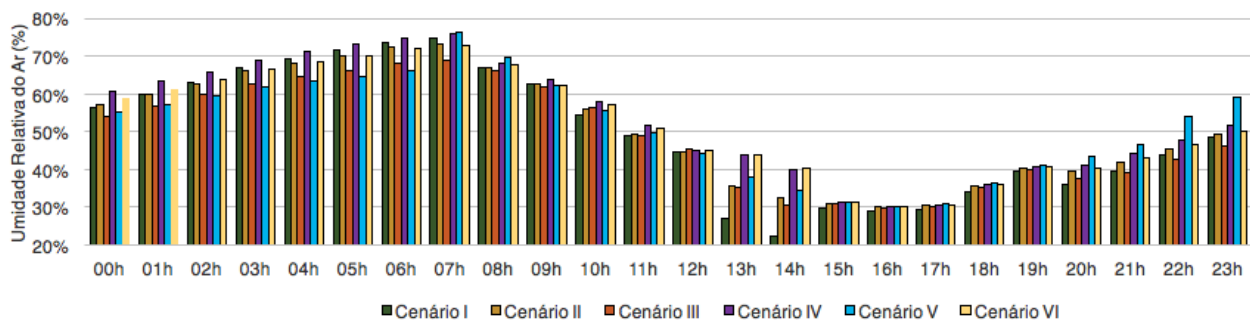
No cenário II, cujo sistema construtivo proposto é o convencional, observa-se que no período das 13 às 14 horas a temperatura também foi elevada, acima de 24°C. Todos os cenários apresentaram temperatura abaixo de 20°C das 00 horas até às 09h.



Observou-se que a temperatura mínima no inverno ficou abaixo de 15°C entre 5h e 7h para os cenários I, IV e VI. Na madrugada todos os cenários propostos ficaram abaixo de 20°C, demonstrando que a temperatura no interior do container não oferece conforto no inverno.

Analisando-se a umidade relativa do ar no inverno dos seis cenários, a Figura 20 é o resultado dos seis cenários simulados pelo *Energy Plus* dentro das 24h. Foi identificado que nos intervalos de 00h às 10h a umidade relativa do ar estava acima de 40%. No intervalo das 13h às 17h, a umidade relativa do ar ficou abaixo de 30%. No horário das 14h, o cenário I teve uma queda elevada da umidade relativa do ar, isso ocorreu pela incidência solar emitida diretamente e ausência do tratamento térmico na envoltória do quiosque.

**FIGURA 20 - UMIDADE RELATIVA DO AR (%) NOS DIFERENTES CENÁRIOS EM UM DIA TÍPICO DE INVERNO.**



De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), um nível considerado aceitável para a umidade relativa do ar deve estar acima dos 30%. Para o cenário I, podemos observar que, de acordo com a Figura 19, a umidade relativa do ar é crítica tanto às 13 como às 14 horas. E a umidade relativa do ar mínimo ficou abaixo de 30% para o cenário I no período das 13h às 14h.

A NBR 16401 (ABNT, 2008) define temperaturas operativas internas para os períodos mais frios que variam de 21,0°C a 23,5°C (para umidade relativa de 60%), e 21,5°C a 24,0°C (para umidade relativa de 30%). Conforme apresentado nas figuras 17 e 19, a umidade relativa apresenta valores próximos de 60% em todos os cenários entre 1 e 9 horas da manhã e a temperatura, neste mesmo período, ficou abaixo de 20°C, condição favorável para o conforto térmico no inverno. Contudo, nas mesmas figuras 17 e 19, considerando um dia típico de inverno para as condições climáticas de Brasília, nos cenários propostos, para uma umidade relativa de 30%, que ocorreu

entre 15 e 17 horas, pôde-se observar que a temperatura alcançou valores próximos de 25°C, acima do considerado ideal para o conforto térmico, segundo a NBR 16401 (ABNT, 2008).

A Tabela 20 apresenta o resultado obtido através da simulação numérica da transmitância térmica da cobertura e da vedação externa para os seis cenários propostos, bem como quais cenários propostos atendem ou não os requisitos de desempenho mínimo (M), conforme os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013).

**TABELA 20 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO MÍNIMO PARA A TRANSMITÂNCIA TÉRMICA OBTIDA PELA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DOS CENÁRIOS PROPOSTOS.**

CENÁRIO	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/m <sup>2</sup> . K)	CRITÉRIOS NBR 15575 (ATENDE / NÃO ATENDE)
I	Cobertura - 5.21 Vedação externa - 4.89	NÃO ATENDE NÃO ATENDE
II	Cobertura - 5.21 Vedação externa - 4.89	NÃO ATENDE NÃO ATENDE
III	Cobertura - 1.11 Vedação externa - 1.10	ATENDE ATENDE
IV	Cobertura - 5.21 Vedação externa - 4.89	NÃO ATENDE NÃO ATENDE
V	Cobertura - 5.21 Vedação externa - 4.89	NÃO ATENDE NÃO ATENDE
VI	Cobertura - 1.11 Vedação externa - 1.10	ATENDE ATENDE

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das vedações externas e das coberturas, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), foram apresentados nas Tabelas 5 e 6. Observa-se que, para uma absorptância à radiação solar inferior a 0,6, a transmitância deve ser menor ou igual a  $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para o sistema da cobertura e, menor ou igual a  $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para as vedações externas.

Sendo assim, a Tabela 21 mostra que apenas os cenários III e VI atendem à norma segundo os valores máximos admissíveis no quesito de desempenho térmico avaliado pela transmitância térmica dos sistemas de vedações verticais externas e coberturas. Semelhante resultado foi observado por Buges *et al.* (2014) em uma habitação em container ao verificarem que uma cobertura adicional e isolamento térmico nas paredes externas melhoram o desempenho térmico em regiões quentes e úmidas.

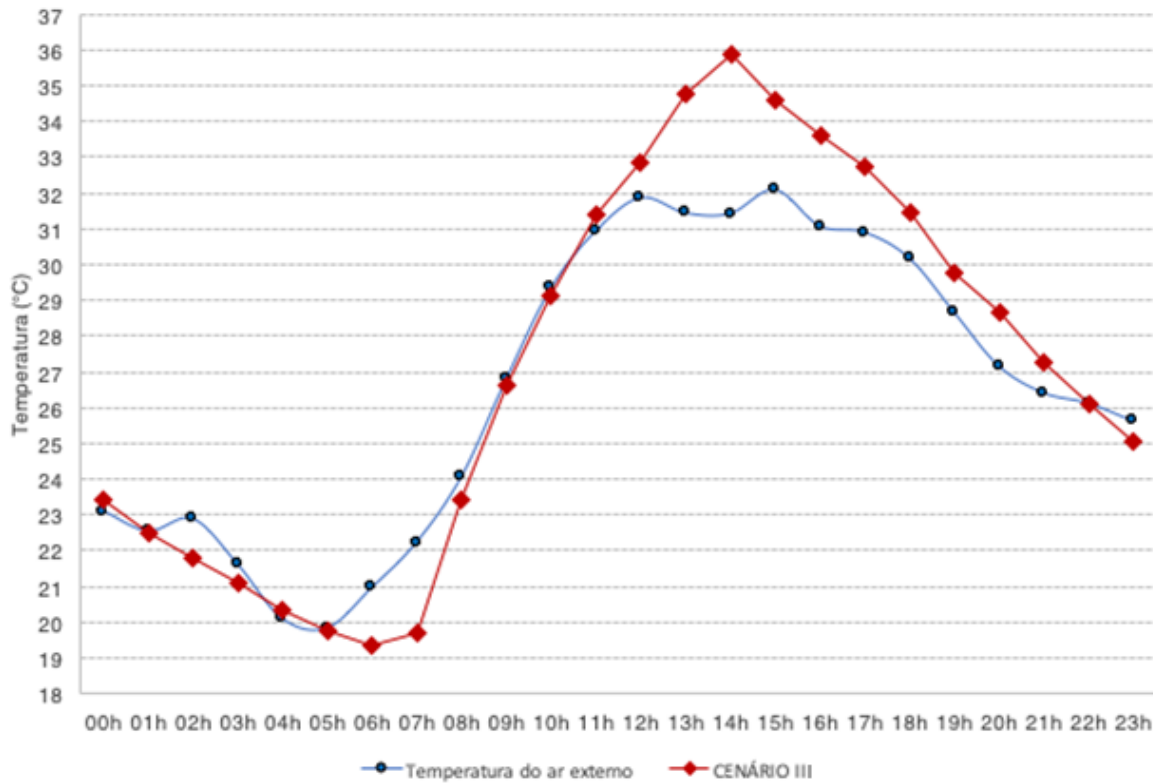
Para o cenário III, foi proposto o uso das vedações externas em container associado ao uso de gesso acartonado com lã de rocha e cobertura sem material adicional, apenas o próprio aço do container. Esse resultado positivo pode ter sido alcançado pelo fato de a lã de rocha ser um material isolante térmico. Sua propriedade térmica, segundo os fabricantes da lã de rocha, reduz a troca de calor entre superfícies internas e externas isoladas devido à sua baixa condutividade térmica.

Costa (2015) observou que os materiais a serem utilizados para o tratamento térmico de containers precisam ser leves e resistentes à torção, esforço comum sofrido pelas paredes e estrutura do container quando do içamento para transporte. Considerando tal premissa, a pesquisadora considerou no seu estudo a avaliação de tinta fria ou refletiva, composta por nano partículas com elevados índices de refletância e emissividade, sendo observada melhora na refletância, enquanto a emissividade sofreu alterações mínimas.

Avaliando a temperatura máxima interna e externa para um dia típico de verão, conforme exigência de desempenho mínimo da norma (Tabela 3), onde a temperatura interna máxima tem que ser menor ou igual a temperatura externa máxima, a Figura 21 apresenta o comportamento da simulação numérica para o cenário III, durante 24 horas. Observa-se que a temperatura interna ficou acima da externa nos horários mais críticos do verão, no período da tarde, onde a

temperatura atinge valores acima de 30°C, não atendendo os parâmetros ideais da NBR 16401-2 (ABNT, 2008).

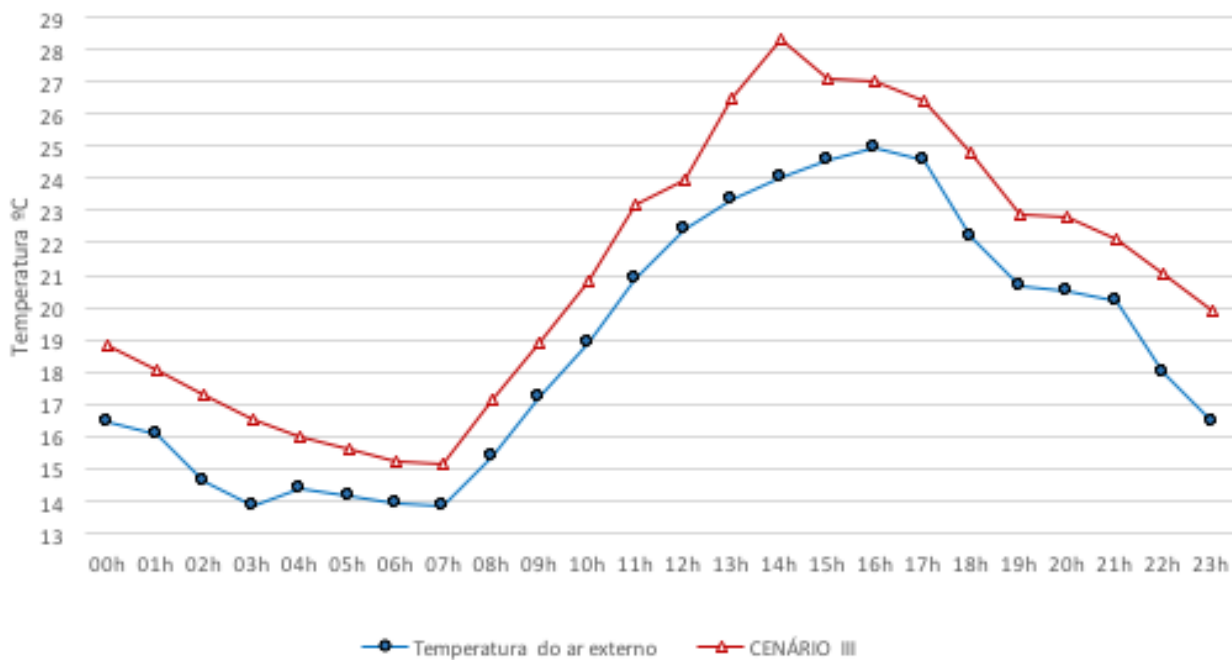
**FIGURA 21 - SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DO CENÁRIO III PROPOSTO DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE VERÃO**



Esse tipo de comportamento acontece por diversos fatores, além da orientação solar, a forma do volume e os materiais dos fechamentos externos influem no resultado do conforto térmico.

Analisando o comportamento do cenário III (Figura 22), dentro das 24 horas, no inverno, relacionando a temperatura externa e a interna, observa-se que este cenário também não atende às exigências de desempenho. Segundo a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), a temperatura interna deve ser maior ou igual à externa, acrescida de mais 3°C no inverno.

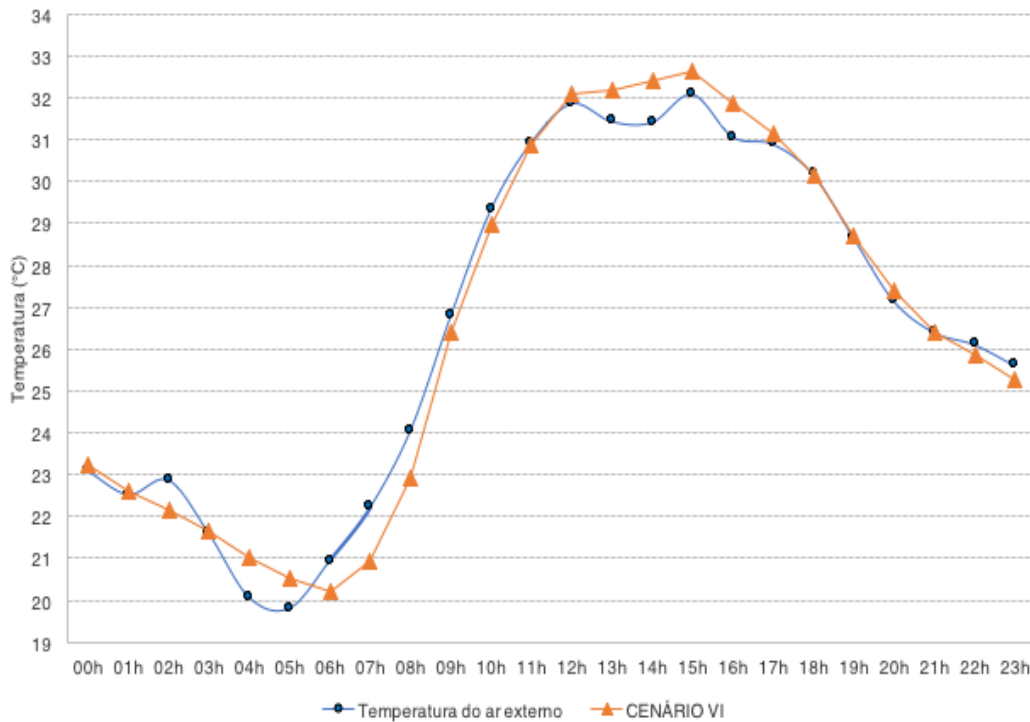
FIGURA 22 - SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DO CENÁRIO III PROPOSTO DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE INVERNO.



Para o cenário VI, foi proposto o uso do aço do container com tratamento em pintura na cor escura em toda a parede externa do container, piso em porcelanato e uma cobertura em aço extra para criar uma área de sombreamento maior que a área do quiosque. O resultado se mostrou eficiente para o desempenho térmico, segundo os critérios da transmitância térmica considerado para a zona bioclimática 4.

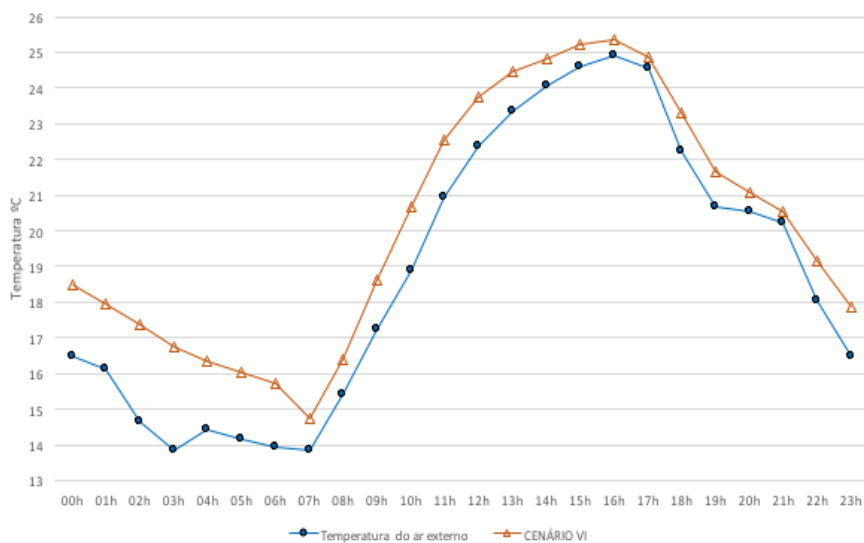
Avaliando as condições térmicas para o dia típico de verão, conforme exigência de desempenho da norma, apresentada na Tabela 3, para o nível de desempenho mínimo, na zona 4, a temperatura interna máxima tem que ser menor ou igual à temperatura externa máxima. A Figura 23 apresenta os resultados da simulação da temperatura do ar externa e interna para o cenário VI. Nela pode-se observar que a temperatura interna ficou acima da externa em horários mais críticos, entre 13 e 17 horas, quando a temperatura estava acima de 31°C, não atendendo as exigências térmicas no interior do edifício no verão, segundo a NBR 16401-2 (ABNT, 2008).

**FIGURA 23 - SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DO CENÁRIO VI PROPOSTO DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE VERÃO**



Para as exigências de temperatura no inverno, segundo a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), o cenário VI, dentro das 24 horas (Figura 24) deve apresentar uma temperatura interna maior ou igual a externa acrescida de mais 3°C. Observa-se que essa exigência de desempenho, mesmo no inverno, não foi atendida.

**FIGURA 24 - SIMULAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DO CENÁRIO VI PROPOSTO DURANTE 24 HORAS EM UM DIA TÍPICO DE INVERNO**



Assim, considerando os critérios de conforto térmico da NBR 16401 (ABNT, 2008) nos períodos mais quentes, os cenários III e VI, mesmo com uso de isolamento térmico em lã de rocha e a cobertura adicional de proteção solar, respectivamente, apresentaram desconforto térmico no ambiente interno, com temperatura elevada ao longo do dia e baixa na madrugada. No período entre 13 e 16 horas, onde são medidos os menores índices de umidade relativa (abaixo de 35%), foram alcançadas temperaturas acima de 30°C. Isso mostra que o cenário III e VI, embora tenham atendido aos critérios de desempenho segundo os parâmetros da transmitância térmica, ainda precisam de estratégias bioclimáticas para alcançar o conforto térmico do usuário nos horários mais quentes, mesmo no inverno.

Braga (2005) também observou desconforto térmico em Brasília inclusive no inverno. De acordo com Maciel (2002, *apud* BRAGA 2005) a cidade de Brasília sofreu modificações ao longo dos anos, apresentando uma evidente elevação da temperatura, acarretando no aumento do desconforto térmico.

Com base nas simulações computacionais realizadas, destaca-se que os cenários I, II, IV e V não alcançaram os valores mínimos esperados para o desempenho mínimo segundo os critérios da transmitância térmica e os cenários III e VI, embora tenham atingido os critérios da transmitância térmica, não atingiram as condições térmicas no interior da edificação.

Romero (2016), em seus estudos, apresenta que na concepção arquitetônica, determinadas estratégias bioclimáticas podem influenciar significativamente o desempenho térmico do edifício e o conforto térmico de seus usuários.

Com o aprofundamento do estudo sobre o clima da região é possível reduzir ou até mesmo eliminar aspectos ambientais indesejáveis, como temperaturas elevadas, poluição do ar, ventos fortes, entre outros. Para isso, é indispensável a compreensão das variáveis que compõem o clima e o grau de influência de cada uma delas sobre o ambiente construído (MACIEL, 2002).

Para a promoção do conforto térmico relacionado ao potencial arquitetônico ou sistemas construtivos, podemos destacar algumas estratégias baseadas na ventilação natural, sombreamento, resfriamento ativo, passivo ou evaporativo e inércia térmica propostas por Sousa

(2018): instalação de janelas venezianas, observar direção dos ventos para o posicionamento de janelas, aumentar a área de ventilação, uso de cobogó, promover espaços internos compatíveis com os espaços externos, aumentar o recuo em relação às edificações vizinhas, proteger a face oeste, uso de proteção solar ou brises, aumento da cobertura, rever orientação das fachadas, maior pé-direito, considerar trajetória solar, dimensionar os espaços internos considerando o número de usuários, inserir áreas verdes, telhados verde, uso de manta térmica, uso de materiais que proporcionem isolamento ou absorção térmica.

Sousa (2018) coletou dados considerando o histórico térmico do indivíduo, tempo de exposição semanal, o índice de massa corporal e os efeitos da renovação do ar e utilizou análise de confiabilidade para avaliar estratégias adaptativas para promoção do conforto térmico. A análise de resultados apontou que 78% dos dados estão concentrados nas categorias aquecimento e resfriamento ativo (43%) e ventilação natural (35%). A estratégia mais recorrente foi a instalação de ventiladores, ar-condicionado ou equipamentos mais potentes (31%), seguida da instalação de janelas (8%) e alteração do termostato (7%). A pesquisadora observou que houve uma pequena frequência de estratégias vinculadas ao sombreamento, sugerindo que os participantes da pesquisa não correlacionaram as estratégias climáticas individuais com o potencial arquitetônico.

Rocha (2007) avaliou as condições ambientais de um edifício no interior de Minas Gerais executado em estrutura metálica. Os resultados obtidos a partir de uma avaliação pós-ocupação pelos usuários mostraram que as condições de conforto térmico no interior da edificação durante o período de verão eram insatisfatórias, bem como as condições de conforto acústico, necessitando-se realizar intervenções arquitetônicas com vistas ao estabelecimento dos padrões de conforto mínimos, previstos em normas específicas.

Pagliari (2019) e Costella (2017) avaliaram os principais critérios de desempenho em edificações, ambos em Santa Catarina, por meio de um *checklist*, porém observaram diversas inconformidades segundo os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013) nas edificações avaliadas.

Os usos de ferramentas de simulação computacional são fundamentais para o desenvolvimento da análise de desempenho térmico. Os critérios recomendados pela norma



necessitam, às vezes, de medições em dias e horários específicos, levando à inviabilização do procedimento.

Com isso, é fundamental, na construção civil, elaborar planejamento e estudos preliminares visando a reduzir a necessidade de mudanças futuras, melhorar o desempenho, a qualidade e a funcionalidade e o conforto ambiental (térmico, acústico e ergonômico), podendo reduzir prazos e custos.

### 4.3 AVALIAÇÕES *IN LOCO* DOS QUIOSQUES

Para melhor compreensão dos aspectos positivos e negativos do uso dos containers marítimos como sistemas construtivos para uso em quiosques na arquitetura para fins comerciais, medições *in loco* e a percepção dos usuários foram realizadas.

#### 4.3.1 Medições climáticas

Medições climáticas dos quiosques foram realizadas *in loco*. Foram coletadas medidas da temperatura, umidade relativa do ar, intensidade sonora e luminosa em 31 de maio e 31 de agosto de 2021 nos quiosques avaliados. As medidas foram obtidas às 15 e às 18 horas. As Tabelas 21 e 22 apresentam os valores médios obtidos para os *Quiosques A e B*, respectivamente.

**TABELA 21 - MEDIDAS DA TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA, INTENSIDADE SONORA E LUMINOSA DO QUIOSQUE A**

DATA / HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	INTENSIDADE SONORA (dB)	INTENSIDADE LUMINOSA (lux)
31 de maio - 15h	32.5	38	89	772
31 de maio - 18h	28.2	49	83	749
31 de agosto - 15 h	33.8	32	65	480
31 de agosto - 18h	27.7	37	73	915

**TABELA 22 - MEDIDAS DA TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA, INTENSIDADE SONORA E LUMINOSA DO QUIOSQUE B**

DATA / HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	INTENSIDADE SONORA (dB)	INTENSIDADE LUMINOSA (lux)
31 de maio - 15h	29.7	29	65	225
31 de maio - 18h	36.7	37	83	780
31 de agosto - 15 h	28.6	49	81	360
31 de agosto - 18h	27.0	54	81	364

As Tabelas 21 e 22 mostram que a temperatura interna dos quiosques no dia 31 de maio e no dia 31 de agosto foram acima de 27°C e a umidade relativa mínima foi de 29% em maio no *Quiosque B*. Pode-se observar que a temperatura é bem elevada dentro dos quiosques construídos

com uso de containers metálicos e no período em que a umidade relativa é baixa o ambiente se torna desconfortável.

Dados fornecidos pelo Brasília Ambiental (IBRAM), no Distrito Federal, registraram uma amplitude térmica local em agosto de 2021 de 13,9°C, com temperatura extrema obtida de 31°C. Dados medidos *in loco*, no interior do *Quiosque B*, registraram uma temperatura de 36,7°C, o que é bem acima da zona de conforto. A umidade relativa mínima em maio de 2021, em Brasília, segundo dados do IBRAM, foi de 39% e no mês de agosto de 27%. Cabe ressaltar que a umidade relativa do ar na região chega a valores muito baixos, tendo alcançado a mínima de 9% em outubro de 2020, por exemplo. Os boletins climáticos do Distrito Federal evidenciam a necessidade de estratégias assertivas de condicionamento para o melhor desempenho térmico dos ambientes.

Semelhante análise foi realizada por De Souza *et al.* (2019) ao avaliar o desempenho térmico de containers com e sem tratamento. Quando submetido a variação de temperatura e controlando a resistência térmica através de termopares, os resultados demonstraram que todos os protótipos de containers revestidos com tratamento térmico obtiveram um bom desempenho à condutividade térmica, atendendo aos critérios estabelecidos por norma. Contudo, esse fato não ocorreu no container sem o tratamento térmico.

De acordo com COSTA (2015), *apud* DE SOUZA *et al.* (2019), muito embora seja notório o desconforto térmico no interior do container metálico sem tratamento térmico sob clima tropical, o método avaliativo dos graus-horas evidenciou a insuficiência quanto ao desempenho térmico também para temperaturas baixas.

Djamila (2017), *apud* Sousa (2018), observou que a temperatura de 24°C a 25°C situava-se na temperatura neutra ideal, segundo diversos estudos nacionais e internacionais por ele levantado. Porém, ao questionar se essa temperatura de 24°C poderia ser considerada como um ponto de conforto universal, o estudo indicou que as pessoas se encontram em conforto na temperatura citada em espaços condicionados artificialmente ou não, embora este valor não represente a média da temperatura de conforto.

Segundo a ASHRAE 55 (2013) o conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor

a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Em geral, define-se a temperatura de conforto com a que provoca uma sensação térmica neutra.

Seguindo os critérios da ASHRAE 55, pode-se observar que o *Quiosque A*, no dia 31 de maio de 2021, às 15 horas, estava na zona de desconforto de calor e às 18 horas estava no limite de conforto de calor para 90% dos usuários. No dia 31 de agosto de 2021, às 15 horas, a temperatura estava acima da zona de desconforto de calor e às 18h estava no limite de conforto de calor para 90% dos usuários. O *Quiosque B*, no dia 31 de maio de 2021, às 15 horas, estava no limite de conforto para 80% dos usuários e às 18 horas estava na zona de desconforto de calor, enquanto no dia 31 de agosto de 2021, às 15 horas e às 18 horas manteve o limite de calor para 80% dos usuários.

De acordo com Humphreys (1979), a temperatura de conforto não é uma constante, e sim varia de acordo com a estação e as temperaturas às quais as pessoas estão acostumadas. É importante observar que fatores físicos e psicológicos interagem na percepção térmica. Givoni (1992) apresenta ainda que o ser humano é capaz de se adaptar ao ambiente no qual ele está localizado, e por conta disso, os limites da zona de conforto se adaptam, com valores maiores ou menores, de acordo com a região.

Adotando como referência a transmissão do ruído para laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico para nível de desempenho mínimo da NBR 15575 (ABNT, 2013), o nível de pressão sonora deve ser inferior a 80 decibéis (dB). Os valores da Tabela 21 e 22 mostram que houve momentos em que a intensidade sonora, expressa em decibéis, ficou acima desse valor, sendo recomendado o uso de materiais isolantes ou absorventes para ambos os quiosques.

Os valores obtidos para a iluminância, obtidos em lux, mostraram-se suficientes para realização de atividades em restaurantes/ lanchonetes, principalmente na questão de iluminação natural, a justificativa disso ocorre pelas aberturas de ventilação e insolação dos *Quiosques A e B* serem bem amplas, equivalente a 72% e 41%, respectivamente, da área interna.

O novo Código de Edificações do Distrito Federal, publicado em 2018, excluiu o item sobre dimensionamento de portas e janelas. Contudo, os dados obtidos *in loco* mostram que as aberturas

agravam a temperatura, pois embora melhorem a iluminação e a ventilação, aumentam a incidência solar.

Os *Quiosques A e B* atendem a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) segundo o nível de desempenho mínimo para as áreas de ventilação, tendo aberturas superiores a 7% da área de piso.

#### 4.3.2 Percepção do usuário

É essencial levar em consideração a percepção dos usuários ao avaliar o desempenho de edifícios em uso, pois as edificações devem ter como foco a satisfação das necessidades e o bem-estar destes. Desse modo, receber o *feedback* dos usuários é de extrema importância para verificar os pontos positivos e negativos do edifício (ORNSTEIN, 1992). Para isso, foi aplicado como ferramenta de percepção do ambiente pelos usuários dos quiosques um questionário (Anexo 1), baseado em sete variáveis ambientais. O formulário buscou avaliar a experiência do indivíduo no ambiente através das cores, aromas, sons, formas, iluminação, paisagismo e personalização.

No total, participaram da pesquisa 20 pessoas, 10 em cada quiosque. No *Quiosque A* participaram 2 funcionários, o proprietário e os demais foram clientes. As respostas coletadas do *Quiosque B* envolveram 5 funcionários, o proprietário e 4 clientes que responderam à ferramenta de percepção do usuário. Os dados foram coletados nos três turnos, sendo que a maioria das respostas foram obtidas no período vespertino. Os funcionários ocupam o local por mais de 3 horas e os clientes menos de uma hora.

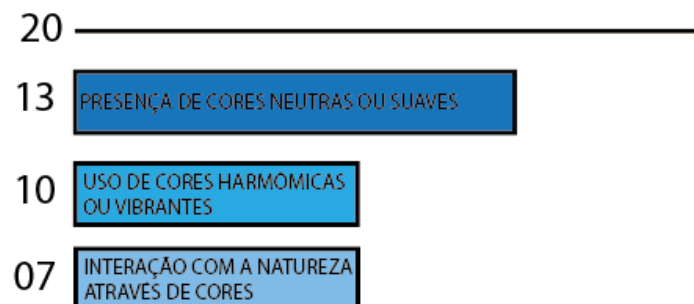
Os dados coletados mostram que a experiência foi negativa para 10% dos avaliados, positiva para 45% e 45% se mostraram neutros. Dentre os sentimentos negativos ou neutros que melhor representaram o que o indivíduo sentiu, a maioria se mostrou desconfortável ou indiferente, seguido por confuso e desanimado. Os que consideraram a experiência positiva ou neutra, se sentiram inspirados e satisfeitos na maioria das respostas, conforme apresentado na Figura 25. A Figura 24 mostra o resultado da pesquisa de auto percepção aplicada a 20 participantes, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

**FIGURA 25 - SENTIMENTO DOS INDIVÍDUOS QUE CONSIDERARAM A EXPERIÊNCIA POSITIVA OU NEUTRA NOS QUIOSQUES**



Analisando as cores dentro as sete variáveis ambientais presentes, podemos observar que a presença de cores neutras e suaves foi o principal fator observado, seguido pelo uso de cores harmônicas ou vibrantes. Observa-se também que há interação com a natureza através das cores. A Figura 26 mostra esse resultado da pesquisa de auto percepção aplicada em 20 participantes, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

**FIGURA 26 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS NA PRESENÇA DE CORES NOS QUIOSQUES**



As cores agem sobre os sentimentos e sobre a razão, assim como toda cor tem um significado associado às emoções (HELLEN, 2013). Exames de ressonância magnética comprovam que as cores estão ligadas diretamente às áreas responsáveis pelo processamento de emoções e da

memória, por isso pacientes com Alzheimer que possuem quartos privativos com decoração pessoal e cores que remetem ao seu passado tendem a expressar um comportamento muito mais calmo e menos agressivo. Esse efeito resulta de um *link* feito com histórias desse paciente, o que o leva a relembrar um clima familiar e faz com que seus níveis de estresse diminuam (PAIVA, 2018).

Contudo não existe uma cor favorita ou ideal, pois esta está relacionada com diferentes aspectos emocionais, culturais e genéticos. Na pesquisa, observamos que as cores neutras e suaves são consideradas relevantes para 65% dos participantes da pesquisa.

As cores mais vibrantes são consideradas o quinto elemento mais desejado em escritórios segundo o relatório de impacto global do desenho biofílico nos escritórios (HUMAN SPACES, 2015).

A memória olfativa é um fenômeno que acontece porque o olfato está diretamente ligado aos mecanismos fisiológicos que regem as emoções. Quando sentimos um cheiro, a informação passa pelas narinas e é processada no sistema límbico, parte do cérebro responsável pela memória, sentimentos, reações instintivas e reflexos.

Dos participantes da pesquisa, observa-se que 70% se sentiram em um local agradável tendo área de circulação e socialização, aspecto favorecido e estrategicamente observado em quiosques, que permitem essa relação com o espaço aberto. Houve também a percepção da interação com o mundo através de aromas, proporcionado por estarem em locais de venda de alimento. A Figura 27 mostra o resultado da análise dos 20 participantes com relação à interação com o mundo através dos aromas, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

FIGURA 27 - RESULTADOS DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS RELACIONADOS À INTERAÇÃO COM O MUNDO ATRAVÉS DE AROMAS



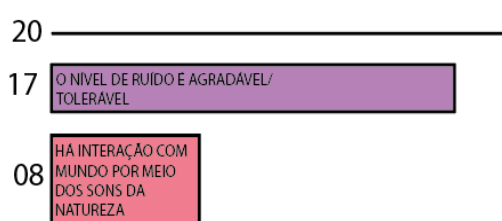
Observar os cheiros que sentimos no ambiente é muito interessante, pois também influenciam na maneira como trabalhamos, por exemplo. Aromas que causam desconforto podem servir como distrações no trabalho. No caso de estabelecimentos para venda de alimentos, o aroma acaba funcionando como uma característica de identificação (ou não) do indivíduo. Ele poderá fazer um vínculo com o mesmo, que sempre se lembrará da marca, serviço ou local, quando sentirem algo igual ou parecido.

A audição está ligada à emoção e faz ligação do córtex auditivo com a amígdala, sendo que sua frequência é o que interessa ao nosso cérebro. Algumas vias neurais regem quase que exclusivamente ao som (INSTITUTO DE TECNOLOGIA MASSACHUSETTS, 2016) e por isso, a música nos impacta de forma bastante significativa (BENCKE, 2019).

A acústica tem interferência direta na produtividade das equipes. Locais muito barulhentos, onde os sons reverberam demais, causam desconforto. A inserção de sofás acústicos em ambientes corporativos, por exemplo, é interessante para quem precisa realizar um trabalho mais focado e precisa ter o ruído do ambiente amenizado. Além de garantir que a acústica do espaço seja apropriada, dependendo do ramo de atuação da empresa, é possível pensar em uma música ambiente agradável e que gere uma sensação de aconchego.

Dos entrevistados, 85% observaram que o nível de ruído é tolerável. Nas medições *in loco*, entretanto, obtivemos em alguns momentos uma pressão sonora com valores acima de 80 decibéis, porém isso pode ter sido suavizado entre os participantes por outros aspectos, como a sensação de amplitude, descontração e bem-estar do local. A Figura 28 apresenta a percepção dos 20 participantes nos *Quiosques A e B* em relação ao ruído, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

**FIGURA 28 - RESULTADO DAS PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS DO NÍVEL DE RUÍDO E SONS DA NATUREZA**





Outra variável observada é a forma. Menos da metade dos participantes relataram sensação de harmonia e beleza. A amígdala cerebral nos deixa em constante busca por qualquer fator que possa representar uma ameaça e, quando encontra, aciona reações de luta, fuga ou paralisação, extremamente excitantes. Ela opera estritamente no campo emocional e faz parte do sistema límbico. Sendo assim, formas pontiagudas, para algumas pessoas, por exemplo, podem estimular a amígdala e provocar irritabilidade, descontração ou mau humor. A forma linear e pontiaguda do container em aço ativa a amígdala. Observa-se a importância de suavizar esse aspecto nos quiosques avaliados conforme observado na Figura 29, que apresenta o resultado da percepção de 20 participantes com relação às formas, onde menos de 50% deles tiveram sensação de harmonia e beleza nos quiosques.

**FIGURA 5 - RESULTADO DAS PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS RELACIONADOS A FORMAS, HARMONIA E BELEZA**

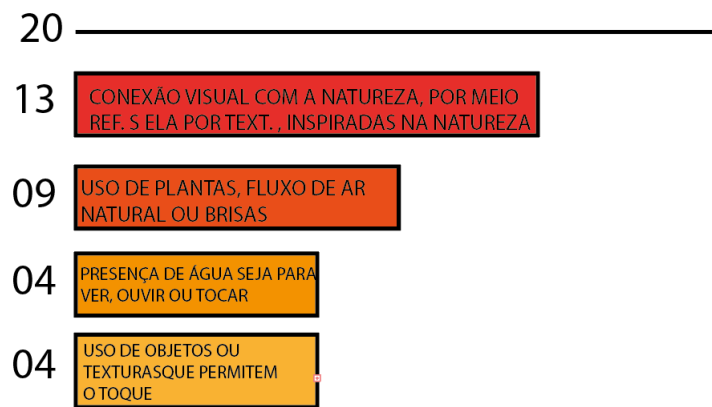


A visão, o olfato, a audição e o tato são os sentidos com os quais a arquitetura faz contato direto, seja dentro ou fora de um edifício. Isso ocorre porque o espaço construído não se limita a ambientes fechados e projetos de prédios ou residenciais. Todo espaço concebido para determinada atividade se configura como espaço construído e faz parte do âmbito da arquitetura.

O paisagismo possui um papel essencial para trabalhar estímulos sensoriais. O ambiente externo e suas cores, texturas, caminhos e sons são sensações percebidas pelos indivíduos e estimulam o cérebro de forma poderosa. O ser humano se relaciona diretamente com o espaço construído, onde corpo-cérebro-mente estão sendo estimulados e interagem nos ambientes, internos e externos, através de uma conexão, provocando sentimentos, emoções e sensações que desencadeiam gatilhos para ativação da memória e configuração de comportamentos.

Nos quiosques avaliados, observa-se que 65% dos indivíduos que colaboraram no preenchimento da ferramenta de autopercepção relataram sentir conexão visual com a natureza através do uso de referências a ela por texturas, padrões ou cores inspiradas na natureza. A Figura 30 mostra o resultado da pesquisa de auto percepção aplicada a 20 participantes em relação à textura e o paisagismo, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens. Pode-se, de certa forma, observar que os quiosques, por serem ambientes menores, mais funcionais, permitem usufruir e integrar melhor com o ambiente externo.

**FIGURA 30 - RESULTADO DAS PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS RELACIONADO A TEXTURA E PAISAGISMO**



45% dos participantes assinalaram a percepção de plantas, fluxo de ar natural ou brisa no local, o que pode ser relacionado com a proximidade do lago Paranoá e bastante vegetação, conforme pode ser observado nas imagens da vista externa dos *Quiosques A e B*, respectivamente Figura 31.

FIGURA 31 - VISTA DO AMBIENTE EXTERNO DOS QUIOSQUES A (A) E B (B)



A luz natural foi considerada suficiente e agradável para 80% dos entrevistados, enquanto a metade considerou a luz artificial suficiente e agradável, sem ofuscamento ou desconforto, conforme apresentado na Figura 32, que apresenta o resultado da autopercepção de 20 participantes, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

FIGURA 32 - RESULTADO DAS PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS EM RELAÇÃO À ILUMINAÇÃO



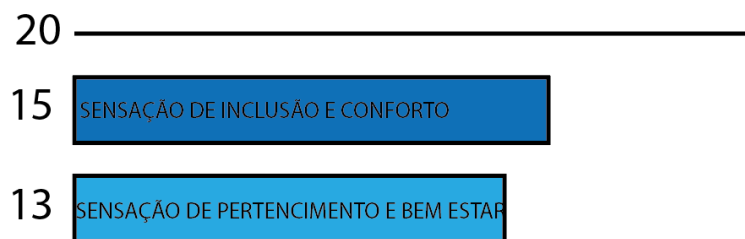
Todas as formas de luz, naturais e artificiais, afetam o relógio do corpo, como quando as células ganglionares da retina fotossensíveis em nossos olhos detectam luz, elas enviam essas informações ao núcleo supraquiasmático (SCN) - o grupo de nervos no cérebro que controla o ritmo-circadiano. Quando a luz é detectada, o SCN atrasa a produção de melatonina - hormônio que nos induz ao sono.

A redução da melatonina impacta no comportamento, tanto na disposição quanto no estado de alerta. Estudo sobre a intensidade da luz e o controle da secreção de melatonina em

ratos mostrou que o impacto da melatonina não se dá apenas na hora do sono, mas também na efetividade do sono que foi reduzida quanto maior a exposição à luz direta (LYNCH *et al.*, 1981).

Resultado positivo foi observado em relação à personalização do espaço, em que 75% dos participantes da pesquisa relataram sentir sensação de inclusão e conforto, e ainda 65% tiveram sensação de pertencimento e bem-estar. A Figura 33 apresenta o resultado da autopercepção de 20 participantes em relação à personalização do espaço dos quiosques, sendo que as respostas podem ser assinaladas em mais de um dos itens.

**FIGURA 33 - RESULTADO DAS PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS EM RELAÇÃO À PERSONALIZAÇÃO DO LOCAL**



O estímulo visual chega antes que o auditivo, pois o nervo ótico é 40 vezes mais rápido que o nervo auditivo. O córtex visual é o que vai dar sentido às imagens que enxergamos e o córtex pré-frontal faz a interpretação da visão (BENCKE, 2019). A visão é uma interpretação muito pessoal.

É preciso fugir do pensamento habitual de que a arquitetura deve agradar exclusivamente a visão. Ao adentrar um espaço construído, é natural que o primeiro impacto do usuário se dê pela visão e é por isso que a estética do ambiente deve ser muito bem pensada, pois é a partir dela que serão despertados todos os outros sentidos. É para agradar a visão que a iluminação deve ser bem projetada, bem como a cartela de cores que será utilizada no ambiente e a combinação de texturas e objetos decorativos.

Estudo realizado pela Universidade Rockefeller apresenta o percentual de recordação do indivíduo com relação aos sentidos. No estudo observou-se que a lembrança dos odores de um ambiente corresponde a 35%, a visão é de 5%, 2% para os sons e 1% para o toque (BENCKE, 2019). Isso mostra o impacto, principalmente dos aromas, na memória das pessoas.

Os resultados da personalização dos quiosques levam a crer que, no caso dos quiosques avaliados, por estimular o paladar associado à conexão com o espaço, provocou-se essa sensação de inclusão, conforto, pertencimento ou bem-estar relatada na variável personalização. A Figura 34 apresenta detalhes do interior do *Quiosque B*, onde é possível observar a integração com o espaço exterior, bem como os detalhes na decoração e acessórios personalizados. Pode-se observar ainda o uso de elementos naturais, como a madeira no balcão.

FIGURA 34 - DETALHES DO INTERIOR DO QUIOSQUE B



O ambiente enriquecido favorece a manifestação de diferenças comportamentais. Estudo realizado em ratos, por exemplo, indica que o enriquecimento ambiental com maior quantidade de estímulos sensoriais ou maior espaço físico disponível proporcionou melhores condições para o animal e possivelmente menor estresse (GOZZER *et al.*, 2018).

No caso dos quiosques, compostos por elementos em aço de containers marítimos, onde a forma geométrica é extremamente simples, é fundamental enriquecer o ambiente com elementos que possam suavizar ou mascarar os sons desagradáveis, trazer elementos do mundo natural como texturas e formas orgânicas, trabalhar com as cores, aguçar o olfato com os aromas, iluminação adequada, permitindo total conexão com o ambiente exterior. A Figura 35 mostra a proposta de enriquecer o ambiente no *Quiosque A* com a pintura decorativa existente na parede lateral, com cores vibrantes e arranjos florais.

FIGURA 35 - PINTURA DECORATIVA NO QUIOSQUE A



Nos quiosques avaliados, observa-se a preocupação com relação a essa conectividade, tornando os aspectos negativos mais suaves, cores harmônicas, no caso do *Quiosque B* com uma cobertura adicional para neutralizar o desconforto térmico, integração com a natureza com uso de plantas, madeira e texturas nos elementos internos. O espaço é eficiente e funcional, com características compactas, de fácil manutenção e se mostrou satisfatório para a maioria dos entrevistados.

Cabe ressaltar que os desafios na aplicação da neurociência à arquitetura são enormes. Observamos que é extremamente complexo isolar os estímulos e como o ambiente se relaciona com indivíduo de forma ativa, fica muito difícil mensurar cada um isoladamente. Em segundo lugar, temos os níveis de aprofundamento cada vez mais específicos, pois à medida que observamos aspectos moleculares, características genéticas, ancestrais, culturais, vemos que o cérebro reage de forma variada, alterando o comportamento. E ainda temos o fator tempo, em que o impacto ou os efeitos causados geralmente são maiores ou mais intensos à medida que o tempo de exposição for maior – a percepção do ocupante é diferente do visitante (ALVES e FIGUEIREDO, 2019).

Durante a coleta de dados sobre a percepção dos usuários, um dos funcionários relatou que há sensação de trabalhar no Quiosque A é desconfortável, pois a incidência solar é muito grande em quase o período total de seu trabalho. Foi relatado também que, constantemente o funcionário passou mal devido ao calor. No quiosque B, um dos funcionários relatou que é confortável trabalhar no quiosque, porém a cor das lâmpadas é desconfortável para produtividade no trabalho.

É possível observar ainda que uma série de outras análises poderiam ser realizadas correlacionando as respostas dos entrevistados com outras variáveis como peso, sexo, idade, altura, nível de atividade no momento da entrevista, vestuário, entre outros aspectos. Porém, como o objetivo dos questionários para este trabalho era somente balizar os resultados obtidos nas medições *in loco*, essas variáveis não foram consideradas.

#### 4.4 AVALIAÇÃO GERAL DOS QUIOSQUES

A utilização de quiosques metálicos como espaço habitável é crescente devido a seu baixo custo, flexibilidade, mobilidade das instalações, durabilidade e reciclabilidade. Contudo, como analisado nessa pesquisa, as condições térmicas dessas construções são insuficientes devido ao baixo desempenho térmico da envoltória, para condições semelhantes às aqui consideradas.

A norma ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013) apresenta parâmetros para a avaliação de desempenho de edificações, como o desempenho térmico. Cabe questionar se o quiosque metálico necessita dessa avaliação como edificação, tendo em vista o fato de ser uma estrutura isolada, facilmente removível. A proposta do presente estudo foi conhecer as características térmicas aplicando tratamento térmico simples à envoltória, sem alto nível de sofisticação no processo construtivo, fato que impediria a viabilidade financeira de um quiosque, entretanto, considerando a baixa emissividade do aço e as condições climáticas de Brasília.

A avaliação do desempenho térmico de quiosques via simulação numérica pode contribuir muito para a melhoria do conforto térmico dos ambientes construídos e para a redução no consumo de energia. Utilizou-se de diferentes sistemas construtivos para criar novos cenários baseado no projeto de dois quiosques construídos em aço de containers marítimos na cidade de Brasília. Avaliou-se o desempenho térmico, sob as condições climáticas da zona bioclimática 4,

que apresentou problemas de conforto térmico, conforme medidas realizadas *in loco*, principalmente no período de verão.

A Tabela 23 apresenta os resultados da temperatura e da umidade relativa do ar durante um dia típico de verão (11 de janeiro) e um dia típico de inverno (10 de julho) segundo dados do INMET, em Brasília, e para os seis cenários propostos obtidos através da simulação numérica utilizando o software *Energy Plus*. Os valores apresentam a variação de temperatura e umidade relativa do ar durante 24 horas para as estações verão e inverno, para as condições climáticas da zona 4. Os resultados obtidos foram avaliados segundo os critérios propostos na NBR 16401-2 (ABNT, 2008) que especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionam conforto térmico aos ocupantes.

**TABELA 23 - RESULTADOS DA TEMPERATURA E DA UMIDADE RELATIVA DO AR PARA UM DIA TÍPICO DE VERÃO E DE INVERNO EM BRASÍLIA, SEGUNDO O INMET E PARA OS SEIS CENÁRIOS PROPOSTOS, OBTIDOS POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA**

	DIA TÍPICO DE VERÃO		ATENDE A NORMA	DIA TÍPICO DE INVERNO		ATENDE A NORMA
<b>Brasília INMET</b>	Temperatura	19,7°C-31,8°C	Não atende	Temperatura	14°C – 25 °C	Não atende
	Umidade	20% - 55%	Não atende	Umidade	30% - 79%	Não atende
<b>Cenário I</b>	Temperatura	18,5°C – 41 °C	Não atende	Temperatura	13,8°C-26°C	Não atende
	Umidade	12% - 50.4 %	Não atende	Umidade	22,5%-74.8 %	Não atende
<b>Cenário II</b>	Temperatura	18,7°C-34,2°C	Não atende	Temperatura	14,2°C –27 °C	Não atende



	Umidade	16,6% - 49,7%	Não atende	Umidade	30% - 73,3%	Atende
Cenário III	Temperatura	19,3°C-35,7°C	Não atende	Temperatura	15,1°C-28,2 °C	Não atende
	Umidade	16,6% - 49,7%	Não atende	Umidade	30% - 73,3%	Atende
Cenário IV	Temperatura	18,2 °C-32,1°C	Não atende	Temperatura	13,6°C -25,2 °C	Não atende
	Umidade	18,2% - 58%	Não atende	Umidade	30% - 58%	Atende
Cenário V	Temperatura	19,7°C-31,8°C	Não atende	Temperatura	14,4°C - 24,9 °C	Não atende
	Umidade	20% - 55%	Não atende	Umidade	30,3% - 76,3%	Atende
Cenário VI	Temperatura	20,2°C-32,7°C	Não atende	Temperatura	14°C - 25,1 °C	Não atende
	Umidade	22,8% - 99%	Não atende	Umidade	30,3% - 72,9%	Atende

Os dados da temperatura e da umidade relativa do ar em Brasília medidos pelo INMET, apresentados na Tabela 23, não atendem aos valores indicados na NBR 16401-2 (ABNT, 2008) no período de verão e inverno. Conforme apresentado na Tabela 2, no verão, a temperatura operativa que indica a sensação de calor ou frio, deve estar entre 22,5°C a 25,5°C para uma umidade relativa de 65% e de 23,0°C a 26,0°C para umidade de 35%. A temperatura ficou bem acima do esperado.

Não foi obtido conforto térmico satisfatório para o usuário em nenhum dos cenários propostos para períodos de verão, segundo os parâmetros determinados pela norma NBR 16401-2 (ABNT, 2008), relacionando temperatura operativa e umidade relativa do ar.

No inverno, os índices de umidade relativa do ar nos cenários II a VI atenderam aos parâmetros ideais da norma, contudo a temperatura não foi atendida em nenhum dos cenários. Os quiosques avaliados atendem aos requisitos mínimos das aberturas para ventilação natural conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013), conforme apresentado na tabela 18. Conclui-se que, a partir das medições realizadas nos containers através da simulação numérica, os resultados obtidos são insuficientes também para a condição de inverno.

Dada a alta incidência de radiação solar durante o verão, sugere-se que, nos dias quentes e ensolarados, principalmente em horários com incidência da radiação solar direta, com objetivo de minimizar ganhos térmicos, e desta forma, diminuir as temperaturas internas, o usuário promova, como medida complementar, a utilização da ventilação natural, mantendo, quando possível, as janelas abertas. A ventilação e o controle de dispositivos de sombreamento interno estão diretamente relacionados aos comportamentos do usuário, podendo variar de quiosque a quiosque.

Na análise da posição, segundo a carta solar aplicada ao *Quiosque A*, a fim de receber a menor insolação possível, o estudo de sombras de acordo com a trajetória solar para o solstício de verão, solstício de inverno e para os equinócios de primavera e outono, adotando-se a carta solar para a latitude 15°47', mostra-se que a posição predominante das fachadas principais Norte e Oeste desfavoreceu para o conforto térmico, mesmo tendo aberturas para ventilação natural. As faces que estavam menos ensolaradas foram as faces Sul e Leste, porém ambas não têm acesso para o usuário, pois estão encostadas no muro de alvenaria do perímetro do local que está localizada.

Analisando a posição segundo a carta solar aplicada ao *Quiosque B*, verificou-se que a fachada Sul, considerada como a fachada principal para atendimentos aos clientes, teve menor insolação em todos os períodos do ano, o que facilitou no conforto da edificação também. A face mais ensolarada foi a Norte, considerada a fachada que mais recebe incidência solar, porém nesta fachada há uma extensa cobertura extra sobre o quiosque.

A partir das medições realizadas, pode-se constatar que os quiosques sem tratamento térmico não oferecem resistência térmica suficiente tanto para as temperaturas menores quanto para as maiores. Semelhante resultado foi observado por Costa (2015), ao avaliar o desempenho térmico de containers, sendo relatado que o aço é extremamente condutor de calor, possui baixa resistência térmica e praticamente nenhuma inércia térmica.

O aço possui alta difusividade térmica, ou seja, o calor se alastra rapidamente pelo material, e ao mesmo tempo, alta efusividade, o que faz com que o resfriamento também seja brusco, não possuindo a propriedade de retenção de calor (COSTA, 2015). Sua baixa emissividade, no entanto, não resulta na eliminação do calor para o ambiente externo, evitando que adentre a edificação, pode ser aproveitada a favor da obtenção dos índices de conforto quando refletida a partir da face interna. A pesquisadora observa que, devido à baixa emissividade interna, o simples aumento da refletância externa poderia levar a cobertura a atingir o padrão estabelecido pela norma ao avaliar containers em aço.

Diferentes estratégias arquitetônicas são adotadas na literatura para melhoria do desempenho de construções em containers metálicos. Ataíde e Souza (2009) propuseram a colocação de brises nas fachadas leste e oeste e sheds na cobertura. Viana *et al.* (2019) observaram melhor desempenho com uso de cores mais claras no acabamento de superfícies externas e o uso de telha termoacústica ou cobertura verde que proporcionam temperatura interna mais amena, sendo o telhado termoacústico mais favorável.

Os resultados das análises mostram melhorias nas características térmicas dos quiosques em containers através do isolamento térmico com gesso associado à lã de rocha. De Souza (2019) obteve melhor desempenho referente à taxa de condução de calor com a lã de vidro, contudo todos os isolantes utilizados apresentaram melhoria no conforto térmico.

O estudo comprovou que as chapas de aço de containers marítimos, utilizadas em quiosques na cidade de Brasília, possui alta difusividade térmica e não atendem ao padrão aceitável de desempenho térmico, sendo necessário o uso de sistemas de condicionamento artificial, aumentando muito a sua demanda de energia. Porém, o uso de isolamento térmico ou sistemas de sombreamento da cobertura podem melhorar esse desempenho.

A cobertura tem papel fundamental no nível de conforto térmico dos quiosques em container. Os resultados mostram que a inclusão de uma área de sombreamento minimiza o fluxo de calor. Semelhante resultado foi observado por Costa (2015) que utilizou tratamento térmico à condução na cobertura de containers e obteve grande redução no fluxo de calor até que este atingisse a superfície interna, minimizando, inclusive, o calor no interior.

Os resultados de Costa (2015) mostraram que o isolamento térmico da cobertura sob toda a superfície do container foi mais eficiente do que o sistema de isolamento quando adotado nas paredes. Outra vantagem da instalação de isolamento térmico à condução na cobertura, no caso dos containers, é que a espessura do isolamento não comprometeria a área útil em planta e, ainda que o pé direito possa ser minimamente reduzido, não restringiria ou limitaria o uso, como ocorreria se fossem aumentadas as espessuras das paredes.

Esse estudo possibilitou verificar que o uso de containers na construção civil pode ser uma opção sustentável, uma vez que economiza recursos naturais que seriam utilizados em edificações construídas pelo método convencional em alvenaria e concreto. Por ser uma edificação modular, economiza-se tempo na montagem e possibilita-se possíveis mudanças no *layout*.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O container, por ser em aço, sofre grande influência das temperaturas externas e da insolação, sendo necessário, em alguns casos, o uso de sistemas construtivos que propiciem uma melhoria no seu desempenho térmico. Para isso, é necessário aliar aos containers um design diferenciado e estar de acordo com as normas, os códigos e as regras de ocupação da região.

Para avaliar os desafios do uso do aço de containers marítimos foram selecionados dois quiosques utilizados no segmento alimentício em Brasília. Foi avaliado o desempenho térmico para as condições climáticas de Brasília e a influência do *design* de projeto e do ambiente na percepção e no comportamento do usuário.

A avaliação do desempenho térmico do container foi feita através de simulação numérica, utilizando o programa *Energy Plus*, que considera o impacto da ventilação natural e da massa térmica dos fechamentos no comportamento térmico da edificação. Foram consideradas as condições climáticas do Distrito Federal previstas na norma NBR 15.220 (ABNT, 2005), observando também os requisitos mínimos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Cabe ressaltar que as normas são focadas em edificações habitacionais, não havendo normas para quiosques comerciais em container marítimo. O parâmetro para avaliação do desempenho térmico definido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) é uma comparação entre a temperatura interna e externa da edificação em dias típicos de verão e inverno, para a zona bioclimática 4. O critério utilizado na análise foi o nível mínimo de desempenho.

Para o desenvolvimento das simulações no *Energy Plus*, foram definidos os dados de entrada. Estes dados foram definidos como pré-requisitos da simulação, sendo eles a modelagem geométrica do estudo de caso e a caracterização dos componentes construtivos (definição dos cenários) e o perfil de ocupação (densidade ocupacional e de potências instaladas de iluminação e equipamentos). Foram propostos, para a simulação numérica, seis cenários com diferentes composições construtivas para teto (cobertura) e parede (vedação externa) de quiosques construídos com chapas de aço de container ou não.

Na análise de desempenho, através das simulações, observou-se uma grande influência das temperaturas externas e da insolação, no período de inverno e de verão. Pôde-se observar que a temperatura foi bem elevada dentro dos quiosques construídos com uso de containers metálicos e no período em que a umidade relativa foi baixa o ambiente se mostrou desconfortável. Os resultados obtidos evidenciaram a necessidade de sistemas de condicionamento de ar ou ainda materiais construtivos mais eficientes para melhoria térmica dos quiosques com as características e condições de exposição aqui adotadas.

Os cenários III e VI tiveram êxito positivo pelas adaptações desenvolvidas nas simulações quando avaliados segundo os parâmetros da transmitância térmica. Observou-se que, para uma absorptância à radiação solar inferior a 0,6, a transmitância deve ser menor ou igual a  $2,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para a superfície externa da cobertura e, menor ou igual a  $3,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  para as vedações externas.

O cenário VI possui uma espécie de cobertura de sombreamento, seguindo as condições reais do quiosque denominado *Quiosque B*. Para o cenário III, foi proposto o uso das vedações externas em container associado ao uso de gesso acartonado com lã de rocha, piso em porcelanato e a cobertura sem material adicional, apenas o próprio aço do container. Esse resultado satisfatório, segundo a transmitância térmica, foi alcançado pelo fato de a lã de rocha ser um material isolante térmico potente, feito com fibras minerais de rochas vulcânicas. Sua propriedade térmica, segundo os fabricantes da lã de rocha, reduz a troca de calor entre superfícies internas e externas isoladas devido à sua baixa condutividade térmica.

Com base nas simulações computacionais realizadas, destaca-se que os cenários I, II, IV e V não alcançaram os valores mínimos esperados para o desempenho mínimo segundo os critérios da transmitância térmica.

Considerando os critérios de conforto térmico da NBR 16401 (ABNT, 2008) nos períodos mais quentes, os cenários III e VI, mesmo com adição de isolamento em lã de rocha e a cobertura adicional de proteção solar, respectivamente, também apresentou desconforto térmico no ambiente interno. Isso mostrou que, embora tenham atendido aos critérios de desempenho segundo os parâmetros da transmitância térmica, ainda precisam de estratégias bioclimáticas para alcançar o conforto térmico do usuário nos horários críticos, principalmente no período da tarde.

É essencial levar em consideração a percepção dos usuários ao avaliar o desempenho de edifícios em uso, pois as edificações devem ter como foco a satisfação das necessidades e o bem-estar destes. Sabe-se que a duração e a frequência de exposição dos indivíduos ao ambiente físico pode impactar nos efeitos que este gera no organismo, na percepção e no comportamento. De maneira geral, quanto maior o tempo de permanência ou ocupação de um determinado espaço, mais duradouros tendem a ser os efeitos que este pode gerar no organismo.

Espera-se que a pesquisa desenvolvida possa contribuir para que fabricantes de containers e projetistas tenham instrumentos para especificar melhores soluções para a envoltória de quiosques com uso de containers metálicos, contribuindo assim para a melhoria nas condições de permanência humana em seu interior, primando pela utilização racional de recursos energéticos disponíveis.

O projeto deve ser articulado de acordo com o ponto de vista do usuário e suas limitações. Observa-se que a experiência foi negativa para 10% dos avaliados, positiva para 45% e 45% se mostraram neutros nos quiosques estudados, segundo a percepção de vinte usuários colaboradores da pesquisa. Dentre os sentimentos negativos ou neutros que melhor representaram o que o indivíduo sentiu, a maioria se mostrou desconfortável ou indiferente, seguido por confuso e desanimado. Os que consideraram a experiência positiva ou neutra, se sentiram inspirados e satisfeitos, na maioria das respostas.

A visão, o olfato, a audição e o tato são os sentidos com os quais a arquitetura faz contato direto, seja dentro ou fora de um edifício. Isso ocorre porque o espaço construído não se limita a ambientes fechados e projetos de prédios ou residenciais. Todo espaço concebido para determinada atividade se configura como espaço construído e faz parte do âmbito da arquitetura.

Nos quiosques avaliados observou-se que 65% dos indivíduos que colaboraram no preenchimento da ferramenta de autopercepção relataram sentir conexão visual com a natureza através do uso de referências a ela por texturas, padrões ou cores inspiradas na natureza. Pôde-se, de certa forma, observar que os quiosques, por serem ambientes menores, mais funcionais, permitem usufruir e integrar melhor com o ambiente externo.

Resultado positivo foi observado em relação à personalização do espaço, onde 75% dos participantes da pesquisa relataram sentir sensação de inclusão e conforto, e ainda 65% tiveram sensação de pertencimento e bem-estar. Os resultados da personalização dos quiosques levam a crer que, no caso dos quiosques avaliados, por venderem alimentos, estimulam o paladar e, associado a isso, conectam com o espaço, provocando essa sensação de inclusão, conforto, pertencimento ou bem-estar relatada na variável personalização. Desta forma, há elementos aplicados à arquitetura que auxiliam na interação com o cérebro, o qual facilita a vinculação de sentimentos e emoções do meio onde o usuário se encontra.

## 5.2 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este estudo poderia ser aprofundado por meio de mais estudos de caso em quiosques em container marítimo de uso comercial no Distrito Federal e ainda em outras regiões nacionais.

Realizar novas simulações numéricas com outros sistemas construtivos, buscando melhores opções para as condições climáticas do Distrito Federal e em outras cidades brasileiras.

Em relação às respostas da autopercepção dos usuários obtida por meio dos questionários, observa-se que certamente os resultados obtidos não estão condicionados apenas ao ambiente interno ou externo, mas também às características físicas do entrevistado, vestimenta, sexo, nível de atividade, entre outros condicionantes. Dessa forma, também seria necessário realizar um estudo mais aprofundado dessas questões, procurando correlacionar as respostas obtidas a estes outros condicionantes. A aplicação do questionário a um maior número de usuários e funcionários dos quiosques avaliados também seria importante, em diferentes períodos do ano.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ygor F. de; REINALDO, Raydel L.; SILVA, Liliane F. G. da. **Análise de desempenho térmico de edificações: um estudo de caso na cidade de Palmas**, TO. ENTAC. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, p. 428-438, 2016. Disponível em: . Acesso em: 27 out. 2021.
- ALVES, Samara Neta; FIGUEIREDO, Chenia Rocha. **A percepção visual como elemento de conforto na arquitetura hospitalar**. Novas Edições Acadêmicas, 2019.
- ANSI/ASHRAE Standard 55R. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.: Atlanta, 2004.
- ANSI/ASHRAE Standard 55R. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.: Atlanta, 2010.
- AKUTSU, Maria. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1998. (Tese de Doutorado).
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Handbook Fundamentals**. Atlanta, 2009
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5943: container: tipos**. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6346: container de carga: códigos, identificação e marcação**. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15873: coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: desempenho térmico das edificações – parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: desempenho térmico das edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: edifícios habitacionais: desempenho**. Rio de Janeiro. Fevereiro, 2013.

ATAIDE, Élen Silva e SOUZA, Henor Arthur. **Avaliação de Desempenho Térmico utilizando o Programa Energyplus: Estudo de caso do Prédio da Prefeitura Municipal de Mariana – MG.** Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, USP, São Paulo, novembro, 2009.

BALTAR, Marta G. **Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando o conforto térmico.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BENCKE, Priscila. **Neuroarquitetura ensina que o ambiente físico influi nas emoções e no comportamento das pessoas.** Minas Gerais: Lugar Certo, 2019. Disponível em: [https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/decoracao/2019/02/27/interna\\_ddecoracao,50610/neuroarquitetura-ensina-que-o-ambiente-fisico-influi-nas-emocoese-no.shtml](https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/decoracao/2019/02/27/interna_ddecoracao,50610/neuroarquitetura-ensina-que-o-ambiente-fisico-influi-nas-emocoese-no.shtml) Acesso em: 16 maio. 2021.

BRAGA, Darja K.; AMORIM, Cláudia N. D. **Conforto térmico em edifícios residenciais do plano piloto de Brasília.** In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL EX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2004. p. 18-21

BUGES, N. L.; Stumpo, L. F. A.; Porto, F. H. F. S.; López, V.; Andreasi, W. A. **A eficiência energética de contêiner adaptado como residência nos diversos climas do Brasil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014f, Mapceió. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2014. p. 183- 191.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRAGA, Darja Kos. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico.** 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

BÜNEKER, Adriana de O. B. **Ventilação natural.** 2003. **Monografia (Especialização)** - Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2003.

CAIA, G.; Ventimiglia, F.; Maass, A. Container vs. dacha: The psychological effects of temporary housing characteristics on earthquake survivors. **Journal of Environmental Psychology**, v. 30, p. 60–66. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272494409000619?via%3Dihub>. Acesso em: 17 jan. 2019.

CARBONARI, Luana Toralles; BARTH, Fernando. Reutilização de contêineres padrão ISO na construção de edifícios comerciais no sul do Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**,

Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 255-265, dez. 2015. ISSN 1980-6809. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v6i4.8641165>.

CASTILHO, P. **Delta containers na rede globo**. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/user/deltacontainers> . Acesso em: 26 outubro. 2021.

CASTRO, Nayana Helena Barbosa de. **Avaliação do desempenho térmico e lumínico, considerando o nível de satisfação dos usuários: o caso de um edifício de escritório com estratégias bioclimáticas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

CHRISTAKOU, Evangelos Dimitrios. **A simulação computacional da luz natural aplicada ao projeto de arquitetura**. 2004. 147 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

COSTA, Débora Cristina Rosa Faria da. **Contêineres metálicos para canteiros de obras: análise experimental de desempenho térmico e melhorias na transferência de calor pela envoltória**. 2015. 174 f., il. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

COSTELLA, Marcelo Fabiano *et al.* **Avaliação da aplicação da norma de desempenho: estudo de caso em cinco empreendimentos**. Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 55-74, dez. 2017. ISSN 2358-6508. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/2256>. Acesso em: 30 jul. 2021. doi:<https://doi.org/10.18256/2358-6508.2017.v4i2.2256>.

COSTA, Ennio C. da. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1982.

COSTA 2015, Vanessa Aparecida Caieiro da. **Avaliação Do Desempenho Térmico De Habitação Utilizando Containers** XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. 2015.

DE OLIVEIRA, Angela Santana *et al.* Avaliação do conforto térmico de habitações de interesse social em Cuiabá-Mato Grosso. **UNICIÊNCIAS**, v. 12, n. 1, 2008.

DE SOUZA, P. C., Halmeman, M. C. R. Zavatin, D. C. P., e do Nascimento, G. A. P. **Análise do desempenho térmico de containers com e sem tratamento**. UTFPr – CM , 2019.

DEL MAR, Carlos Pinto. **Falhas, responsabilidades e garantias na construção civil**. Pini, 2008.

DOE – U. S. department of energy, 2018. **Application Guide for Energy Plus Energy Management System**. 2018.

DORNELLES, Kelen Almeida *et al.* **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, São Paulo. 2008.

FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering.** McGraw-Hill, New York, USA, 1972.

FARIA, Barbara Alves Cardoso. **Arquitetura e neurociência: o projeto paisagístico como auxílio ao tratamento não farmacológico da doença de Alzheimer.** Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Design, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. 2018.

FÉLIX, D.; Branco, J. M.; Feio, A. Temporary housing after disasters: A state of the art survey. **Habitat International**, v. 40, p. 136 – 141. 2013. Disponível em: <http://www.ceptm.iue.edu.ar/wp-content/uploads/2016/11/2-Temporary-housing-after-disasters-A-state-of-the-art-survey.pdf> Acesso em: 16 jan. 2019.

FIGUEROLA, V. **Contêineres de navio se tornam matéria-prima para a construção de casas.** *Téchne*, São Paulo, dez. 2013. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/conteineres-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcaode-302572-1.aspx> . Acesso em: 26 de outubro 2021. `

FRANÇA JUNIOR, Adelmo Magalhães De. **Análise estrutural de containeres marítimos utilizados em edificações** [manuscrito] / Adelmo Magalhães de França Junior. 2017.

FREITAS, W. C. **Análise da geração de resíduos da construção civil no município de Batatais-SP para implantação de gerenciamento integrado.** 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto – SP, 2009.

FROTA, Anésia. B.; SCHIFFER, Sueli R. **Manual de conforto térmico.** - 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento.** 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GABRIEL, Simon Valetton. **Container building detailing, construction and thermal analysis.** Tese, Technische Universität Wien, Vienna, Austria, 2021.

GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design.** John Wiley & Sons, 1998.

GOULART, S. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações de Florianópolis.** Dissertação de Mestrado. UFSC. Setembro de 1993.

GOZZER, P.; Andrade, E.; Belotto, P.; Silva, B.; Mascarin, A.; Silva, C. Comportamento de ratos Wistar: importância do enriquecimento ambiental. **Saúde em Revista**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15600/2238-1244/sr.v17n48p69-77>

GUEDES, Rita; BUORO, Anarrita Bueno. Reuso de containers marítimos na construção civil. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e artista**, v. 5, n. 3, p. 101-118, 2015.

HELLEN, Eva. **A psicologia das cores: Como as cores afetam a emoção e a razão**. Barcelona, Espanha: Editorial Gustavo Gili, Sl, 2013. 541 p.

HONG, Y. A study on the condition of temporary housing following disasters: Focus on container housing. **Frontiers of Architectural Research**, v. 6, n. 3, p. 374-383. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317693593\\_A\\_study\\_on\\_the\\_condition\\_of\\_temporary\\_housing\\_following\\_disasters\\_Focus\\_on\\_container\\_housing](https://www.researchgate.net/publication/317693593_A_study_on_the_condition_of_temporary_housing_following_disasters_Focus_on_container_housing) Acesso em: 15 jan. 2019.

HUMAN SPACES: **The Global Impact of Biophilic Design in the Workplace**. 2015.

HUMPHREYS, M. A. A Influência da Estação e da Temperatura Ambiente no Comportamento da Roupas Humana. Em: **Indoor Climate** Eds: PO Fanger & O Valbjorn, Danish Building Research Copenhagen. 1979. Pp. 699-713

Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). **IESNA recommended practice for roadway sign lighting**. New York: Illuminating Engineering Society of North America IESNA RP-19-01. 9 p. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Secretaria especial de desenvolvimento urbano da presidência da república SEDU, 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso 27 outubro de 2021.

KANDEL, Eric *et al.* **Princípios de neurociências**. AMGH Editora, 2014.

KERN, Andrea Parisi; SILVA, Adriana; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza Kazmierczak Souza. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 1, p. 89-102, 2014.

KREBS, L. F.; Moura, P. W.; Cunha, E. G. Habitação em container: um estudo paramétrico para a zona bioclimática 3. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, n. esp, p.90 - 101, dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e0201590-101>.

KULLER, Rikard; BALTAL, Seffeddin; LAKE, Thorbjorn; TONELLLO, Graciela. **The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments.** 2006.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PAPST, Ana. **Desempenho térmico de edificações.** Universidade Federal de Florianópolis, 2000.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Claudia; BATISTA, Juliana. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico.** Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. v. 1

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto; GOULART, Solange; DE VECCHI, Renata. **Conforto e stress térmico.** UFSC: Florianópolis, 2016.

LAMBERTS, R. **Revisão da NBR 16.401-2: Conforto Térmico.** UFSC/LabEEE, 2021: Florianópolis, 2021 acesso: <https://labeee.ufsc.br/node/808>. Acesso: 08 de novembro de 2021.

LI, P.; FROESE, T. M.; BRAGER, G. Post-occupancy evaluation: State-of-the-art analysis and state-of-the-practice review. **Building and Environment**, v. 133, p. 187–202, 2018.

LOPES, Adriano Felipe Oliveira. **Da simulação ao projeto: avaliação de conforto térmico em ambiente escolar padronizado.** 2020. 130 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

LYNCH, H. J; Rivest, R. W.; Ronsheim, P. M.; Wurtman, R. J. **Light intensity and the control of melatonin secretion in rats.** *Neuroendocrinology*, 1981.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. **Projeto bioclimático em Brasília: estudo de caso em edifício de escritórios.** Florianópolis, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

MARTINS, W. G.; Alvarez, C. E. de. (2018). **Avaliação de desempenho térmico nos Módulos Antárticos Emergenciais (Brasil).** *Paranoá*, (20). <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n20.2018.06>. Brasília, 2018.

MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto ground domain no programa Energyplus.** Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética de Edificações do Departamento de Engenharia Civil da UFSC, 2015.

MOURA, C. A. **Análise térmica de coberturas verdes aplicadas em contêineres.** 2019. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.31414/EM.2019.D.130689>>.

Acesso em: 08 de novembro de 2021.

OLGYAY, Victor. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism-new and expanded edition**. Princeton University Press, 1963.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. RJ: Universidade do Estado de Rio de Janeiro, v. 87, 2009.

ONO, Rosaria *et al.* **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design**. Oficina de Textos, 2018.

ORNSTEIN, Robert. **Evolution of consciousness: The origins of the way we think**. Simon and Schuster, 1992.

PAGLIARI, Claudiviana Sitherenn *et al.* Dificuldades na implantação da norma de desempenho em construtoras de médio e pequeno porte no oeste de Santa Catarina. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 8, n. 2, p. 97-118, dez. 2019. ISSN 2318-1109. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/3618>. Acesso em: 30 jul. 2021. doi:<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2019.v8i2.3618>.

PAIVA, Andréa de. **Neurociência para Arquitetura: Como o Design de Edifícios Pode Influenciar Comportamentos e Desempenho**. 2018. 27 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Fundação Getúlio Vargas, Fgv, Instituto de Desenvolvimento Educacional, São Paulo, 2018.

PALLASMAA, Juhani; Mallgrave, Harry Francis; Arbib, Michael. **Architecture and Neuroscience**. Finland: Tapio Wirkkala, Bryk Foundation, 2013.

PEREIRA, Alfredo C. **Simulação dinâmica do comportamento termohigrométrico de superfícies radiantes hidráulicas para aquecimento e arrefecimento ambiental**. Porto - Portugal: 2004. Disponível em: . Acesso em 27 outubro 2021.

PEREIRA, C. D. **A Influência do Envelope no Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ocupadas e Ventiladas Naturalmente**. 2009. 140 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PIMENTA, I. **Avaliação de desempenho da escola de ciências biológicas do UNILESTEMG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

PROGRAMA CRIANÇA E NATUREZA (São Paulo). Instituto Alana (Org.). **Cidades mais ricas em Natureza: Entrevista com Richard Louv**. São Paulo: Rede Nossa São Paulo, 2017. 16 f. Acesso em: 10 mar. 2019.

RAHMAN, S.A.; St. Hilaire, M. A.; Lockley, S. W. **The effects of spectral tuning of evening light on melatonina suppression, alertness and sleep.** *Physiol Bethav*, 2017.

RANCURA, R. L.; ALVES, V. M.. **Avaliação de desempenho térmico de edificações em contêiner.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ROCHA, M. V. M. **Avaliação pós-ocupação de edifício institucional estruturado em aço. O caso da sede da prefeitura municipal de Mariana, MG.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFMG, 2007.

ROMANO, L.; DE PARIS, S. R.; NEUENFELDT JÚNIOR, A. L. Retrofit de contêineres na construção civil. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 83–92, 2014. DOI: 10.20396/lobore.v8i1.225. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/225>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SALGADO, Mônica Santos; CHATELET, Alain; FERNANDEZ, Pierre. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 81-99, 2012.

SILVEIRA, Francisco Massucci. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15.575 e ASHRAE 55.** 2014. 240 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258061>>. Acesso em: 26 ago. 2021.

SIQUEIRA, T. C. P. A; AKUTSU, M; LOPES, J. I. E; SOUZA, H. A. de. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.58, n. 2, 2005.

SORGATO, Marcio José *et al.* Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 83-101, 2014.

SOUSA, Mayara Cynthia Brasileiro. **Desejo por conforto térmico: estratégias adaptativas e modelos de conforto térmico no semiárido paraibano.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, 2018.

VIANA, Françoise Santana. **Análise de desempenho térmico em módulo de contêiner marítimo.** 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

VIANA, Françoise Santana; SOUZA, Henor Artur de; GOMES, Adriano Pinto. **Residência em contêiner: comparativo de estratégias para a melhoria do desempenho térmico.** *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 10, 2019.



YAZBEK, P. **Containers viram casas com apelo moderno e preços atraentes**. Editora Abril, 2015.  
Disponível em: . Acesso em: 26 outubro 2021.

## ANEXO 1

# FERRAMENTA DE AUTO PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Avaliar a experiência ou a sensação do indivíduo no ambiente através dos sentimentos!

## 1. Data



Formato: D/m/yyyy

## 2. Local ou ambiente avaliado

## 3. Turno que realizou a avaliação

- Manhã
- Tarde
- Noite

## 4. Qual o tempo aproximado que você permaneceu no local?

- Menos de 30 minutos
- Até 1 hora
- Até 3 horas
- Mais que 3 horas

5. Que atividade você executou no local? (Ex. cliente, vendas, limpeza, atendimento)

6. Como foi a sua experiência neste local?

- Negativa
- Neutra
- Positiva

7. Se a sua experiência foi negativa ou neutra, qual(is) sentimento(s) melhor representa(m) o que você sentiu? (pode marcar mais de uma opção)

- Ansioso
- Confuso
- Cansado
- Desanimado
- Desconfortável
- Estressado
- Enfurecido
- Indiferente
- Preocupado

8. Se sua experiência foi positiva ou neutra, qual(is) sentimento(s) melhor representa(m) o que você sentiu? (pode marcar mais de uma opção)

- Animado
- Atento
- Calmo
- Feliz
- Grato
- Inspirado
- Motivado
- Relaxado
- Satisfeito

## Variáveis ambientais

A percepção do ambiente pelo indivíduo ocorre por algumas variáveis ambientais como: cor, aromas, sons, formas, biofilia, iluminação e personalização. Assinale as que influenciaram na sua experiência neste ambiente (pode assinalar mais de uma ou nenhuma)

### 9. Cor

- Uso de cores harmônicas ou vibrantes
- Presença de cores neutras ou suaves
- Interação com a natureza através de cores

### 10. Aromas

- Interação com o mundo natural através de aromas (alimentos ou plantas)
- Presença de um local agradável como mesa ou copa para circulação ou socialização

### 11. Sons

- O nível de ruído é tolerável/agradável
- Há interação com o mundo natural através de sons (da natureza) no ambiente

### 12. Formas

- Sensação de harmonia e beleza
- Uso de formas orgânicas, materiais naturais e menos pontiagudas
- Conexão com a natureza através de estímulos pelo tato, audição ou olfato (materiais, grãos, texturas)

### 13. Biofilia (integração do espaço construído com a *natureza*)

- Conexão visual com a natureza através do uso de referências a ela por texturas, padrões ou cores inspiradas na natureza
- Uso de objetos ou texturas que permitem o toque
- Uso de plantas, fluxo de ar natural ou brisas
- Presença de água seja para ver, ouvir ou tocar

### 14. Iluminação

- Iluminação natural suficiente e agradável
- Iluminação artificial suficiente e agradável, sem ofuscamento ou desconforto

### 15. Personalização

- Sensação de pertencimento e bem-estar
- Sensação de inclusão e conforto