

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS YARA OMORI

**ESTUDO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO *CONTAINER* PARA FINS
COMERCIAIS: CÁLCULOS PARA CONTROLE DA TEMPERATURA INTERNA**

CAMPO MOURÃO

2018

MATHEUS YARA OMORI

**ESTUDO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO *CONTAINER* PARA FINS
COMERCIAIS: CÁLCULOS PARA CONTROLE DA TEMPERATURA INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Barradas
Moreira.

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO *CONTAINER* PARA FINS COMERCIAIS:
CÁLCULOS PARA CONTROLE DA TEMPERATURA INTERNA**

por

Matheus Yara Omori

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14h00min do dia 03 de julho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Adalberto Luiz Rodrigues de
Oliveira**

(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widerski

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Barradas Moreira

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Prof. Dra. Vera Lúcia Barradas Moreira, minha orientadora que foi peça fundamental para conclusão deste trabalho.

Aos amigos Thiago Bergamaschi e Isadora Rezende e Silva, por me ajudarem com conhecimento teórico e prático, e proporcionarem os materiais necessários para minha pesquisa.

Ao Diego Veloso, proprietário do Empório Container, por permitir que o estudo fosse feito em seu comércio.

A Patrícia Antunes Bezerra, minha namorada que sempre acreditou na minha graduação.

Aos meus pais e irmãs, por estarem sempre ao meu lado.

Aos demais professores da UTFPR que fizeram parte da minha graduação.

E por fim, a todos que não foram citados diretamente, mas que contribuíram de forma direta ou indireta para a minha formação acadêmica.

RESUMO

No Brasil a maioria das edificações são construídas utilizando o concreto armado para a estrutura e blocos cerâmicos para vedação, tanto que este tipo de construção é chamada de construção convencional. Porém construções em *container* vêm ganhando espaço na construção civil, por se tratar de um método construtivo alternativo ao convencional alguns problemas ocorrem nas edificações que não possuem projeto detalhado e acompanhamento técnico durante a sua instalação. As principais mudanças a serem feitas nas edificações utilizando *container* são relacionadas ao conforto térmico e, mesmo com conhecimento de que o aço é um bom condutor térmico, os profissionais da área acabam não dedicando tempo ao planejamento do isolamento térmico por acreditar que o ar-condicionado resolve o problema. Este trabalho mostra que um bom planejamento e aplicabilidade de isolamento térmico pode diminuir a utilização de ar-condicionado contínuo, gastando menos energia elétrica. Baseado nessa suposição foi realizado um estudo de caso tendo como objeto de estudo uma edificação em *container* finalizada, foram quantificadas as cargas térmicas e analisadas as soluções adotadas para diminuí-las. As cargas térmicas também auxiliaram no cálculo da capacidade de refrigeração em BTUs para a instalação do ar-condicionado. O telhado verde utilizado para amenizar o problema mostrou ser bem significativo na redução das cargas térmicas solares, que adicionalmente aumentou a vida útil da estrutura diminuindo o *stress* causado por intempéries, além de contribuir no combate aos efeitos das ilhas de calor urbanas.

Palavras-chave: Carga Térmica. Conforto Ambiental. *Container*.

ABSTRACT

In Brazil most of the buildings are constructed using reinforced concrete for the structure and ceramic bricks for sealing, so much so that this type of construction is called conventional construction. However *container* constructions have been gaining space in the civil construction, as it is an alternative to conventional construction method, some problems occur in buildings that do not have detailed design and technical accompaniment during their installation. The main changes to be made in buildings using containers are related to thermal comfort and, even with the knowledge that steel is a good thermal conductor, professionals do not spend time planning thermal insulation because they believe that air conditioning solves the problem. This final paper shows that a good planning and applicability of thermal insulation can decrease the use of continuous air conditioning, expending less electricity. Based on this assumption, a case study was carried out using as a study object a finished *container* building, quantifying the thermal loads and analyzing the solutions adopted to reduce them. The thermal loads also aided in calculating the cooling capacity in BTUs for the installation of air conditioning. The green roof used to mitigate the problem proved to be very significant in reducing the solar thermal loads, which additionally increased the useful life of the structure reducing the stress caused by bad weather, besides contributing in the combat to the effects of the urban heat island.

Keywords: Thermal Load. Environmental Comfort. Shipping *Container*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - <i>Container</i> marítimo.....	28
Figura 02 - CA'DORE, Curitiba-PR.....	29
Figura 03 - Residência Huiini, México	29
Figura 04 - Telhado verde em centro urbanizado.....	31
Figura 05 - Camadas do telhado verde	32
Figura 06 - Vidro insulado.....	34
Figura 07 - Empório <i>Container</i>	36
Figura 08 - Velocidade média no estado do Paraná.....	37
Figura 09 - Mapa climatológico simplificado do Brasil	37
Figura 10 - Situação esquemática Empório <i>Container</i>	38
Figura 11 - Planta baixa Empório <i>Container</i>	39
Figura 12 - Planta de iluminação	41
Figura 13 - Fachada 3D Empório <i>Container</i>	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Cargas térmicas iniciais no <i>container</i>	43
Gráfico 02 - Cargas térmicas finais no <i>container</i>	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Coeficientes de convecção recomendados para paredes externas e internas.....	20
Tabela 02 - Coeficientes de absorvidade para cada tipo de material de construção.....	20
Tabela 03 - Coeficientes de absorvidade para cada cor de parede	21
Tabela 04 - Coeficientes globais de transferência de calor p/ materiais de construção.....	21
Tabela 05 - Fator solar para vidros	22
Tabela 06 - Radiação solar (W/m^2) planos verticais/horizontais - latitude $23^{\circ}30'$ sul	22
Tabela 07 - Calor metabólico cedido ao ambiente, em W	23
Tabela 08 - Calor dissipado pelo sistema de iluminação, por aplicação, em W/m^2	25
Tabela 09 - Taxa de dissipação de calor	26
Tabela 10 - Infiltração de ar por tipo de abertura	27
Tabela 11 - Comparativo de cargas térmicas	47

LISTA DE SIGLAS

ASHRAE	American Society of Heating
BTU	British Thermal Unit
CSTB	Centre Scientifique Et Technique Du Batiment
EPS	Poliestireno Expansível
NBR	Norma Brasileira

LISTA DE SIMBOLOS

°C	Graus Celsius
α	Coeficiente De Absorção De Radiação Solar
ρ_{ar}	Massa específica do ar
$c_{p,ar}$	Calor específico do ar
BTU/h	Btu por hora
h	horas
h_e	Coeficiente De Transferência De Calor Externo
I_g	Intensidade De Radiação Solar Incidente Global
J/kgK	Joules por quilograma Kelvin
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
L	Leste
m	Metros
m ²	Metros quadrados
m/s	Metros por segundo
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
N	Norte
NE	Nordeste
NO	Noroeste
O	Oeste
q	Fluxo Térmico
S	Sul
S_{tr}	Fator solar para vidros
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
t_e	Temperatura Do Ar Externo
t_i	Temperatura Do Ar Interno
T_e	Temperatura externa
T_i	Temperatura interna
U	Coeficiente Global De Transferência De Calor
V	Vazão de ar
W	Watts

W/m^2	Watts por metro quadrado
W/m^2K	Watts por metro quadrado Kelvin

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01.....	19
Equação 02.....	21
Equação 03.....	21
Equação 04.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 JUSTIFICATIVA	17
4 REFERÊNCIAL TEÓRICO	18
4.1 Conforto Térmico	18
4.2 Carga Térmica	18
4.2.1 Carga Térmica Devido À Insolação	19
4.2.2 Carga Térmica Devido À Presença Humana	23
4.2.3 Carga Térmica Devido À Iluminação Artificial	24
4.2.4 Carga Térmica Devido À Equipamentos	25
4.2.5 Carga Térmica Devido À Infiltração De Ar	27
4.3 Construções Em <i>Container</i>	28
4.4 Telhado Verde	30
4.5 Vidro Insulado	33
5 ESTUDO DE CASO	35
5.1 Localização E Características Regionais	35
5.2 Materiais E Métodos	39
5.3 Cargas Térmicas	40
5.3.1 Iluminação	40
5.3.2 Pessoas	41
5.3.3 Equipamentos	42
5.3.4 Infiltração De Ar	42
5.3.5 Insolação	42
5.4 Resultados E Discussões	43
5.4.1 Propostas.....	44
5.4.1.1 Telhado Verde	45
5.4.1.2 Jardim Vertical	45
5.4.1.3 Sombreamento Da Fachada	45
5.4.1.4 Vidros Duplos Ou Insulados	45

5.4.2 Análise Após As Ações Propostas.....	46
6 CONCLUSÃO.....	48
7 REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Uma edificação deve proteger o usuário quanto às intempéries do meio ambiente. Deve prover conforto independentemente das condições no seu exterior. Ela precisa proporcionar condições internas para que o habitante se sinta não somente protegido do sol, chuva, umidade do solo ou dos ventos, mas também permitir condições de conforto térmico em seu interior.

De acordo com Rossi e Krüger (2005, p.94) sabe-se que as sensações térmicas do ambiente influenciam os seres humanos em diversos fatores, como no bem-estar, nas emoções, no comportamento humano, e no desempenho das atividades diárias, fatores muito importantes para garantir que os clientes frequentem o comércio regularmente.

Este trabalho apresenta um estudo efetuado em uma edificação utilizando-se um *container*, a qual apresentou problemas referentes ao conforto ambiental após o início das suas atividades.

Para corrigir o problema instalado por conta das características do *container*, foi realizado um levantamento das cargas térmicas que serviram como base a tomada de decisão por parte da equipe que elaborou o projeto arquitetônico. Por meio de reuniões entre o proprietário e a arquiteta responsável pelo projeto original foram propostas duas medidas para solucionar o problema: telhado verde e vidros insulados. O telhado verde merece destaque, pois o calor gerado no ambiente exterior do *container* é minimizado pela presença do telhado verde. Além disso, pode ser utilizado para cultivo de alimentos e ervas medicinais.

O levantamento de cargas térmicas antes da instalação de um ar-condicionado é muito importante, pois com um estudo prévio as cargas podem ser diminuídas retirando geradores de calor ou promovendo um melhor isolamento térmico do ambiente. Ainda com as cargas quantificadas é possível escolher um aparelho de ar-condicionado que trabalhe de forma efetiva.

Diante da importância das condições ambientais para o ser humano e conseqüentemente o sucesso do comércio em geral, o objetivo principal deste trabalho é apresentar o cálculo das cargas térmicas que incidem na edificação com o intuito de demonstrar o quanto da temperatura interna pode diminuir com as medidas propostas pela equipe que elaborou o projeto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar estudos das cargas térmicas incidentes em uma edificação comercial utilizando *container* antes e após as adequações necessárias visando o conforto ambiental na cidade de Colorado – PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar bibliografia sobre conceitos relacionados ao conforto térmico;
- Pesquisar bibliografia sobre construções utilizando *containers*;
- Levantar o projeto arquitetônico da edificação comercial a ser estudada com as adequações realizadas pelos arquitetos responsáveis pelo projeto;
- Elaborar os cálculos das cargas térmicas incidentes antes e depois das adequações propostas.

3 JUSTIFICATIVA

Atualmente a técnica construtiva com a utilização de *container* tem sido cada vez mais empregada, não só em edificações comerciais como ainda em alguns projetos residenciais. Por se tratar de um país com o clima predominante quente, muitas adequações são necessárias já que o material utilizado na fabricação do *container* é o aço que, isoladamente não oferece conforto térmico ao ambiente.

Neste contexto a edificação objeto de estudo deste trabalho apresenta excessivo calor durante as tardes de primavera e verão e como consequência o movimento neste período diminuiu drasticamente se comparado às estações de outono e inverno.

Em períodos mais frios o ambiente fica agradável durante o dia, pois é protegido do vento e os equipamentos internos que geram calor mantêm o local mais aquecido juntamente com a incidência solar. Por esse motivo foi levantada uma solução apenas para o calor excessivo.

As soluções investigadas neste trabalho podem servir de apoio para futuros projetos com a utilização de *container*, como também para orientar possíveis adaptações em construções existentes, apontando os erros e acertos.

4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 Conforto Térmico

“Conforto Térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente que o circunda”. ASHRAE (2005).

Segundo STROBEL (2018, p.2), o nosso organismo é mantido a uma temperatura na ordem dos 37° C com pequenas variações para mais ou para menos, para manter este equilíbrio o corpo gera e dissipa calor para o ambiente constantemente, onde em estado de repouso o calor dissipado chega a 75 W. Quando o calor gerado é maior que o dissipado nós começamos a suar. De outro modo quando o calor gerado é menor que o dissipado nosso corpo começa a tremer e os pelos arrepiam na tentativa de manter a superfície do corpo aquecida.

Nos dois opostos citados anteriormente ocorre o desconforto térmico, em menor escala conseguimos suprir estes desconfortos com um ventilador ou uma roupa mais grossa. Porém em escalas maiores é necessário que nossa edificação bloqueie grande parte da influência térmica externa através da vedação térmica.

Toda edificação possui vedação térmica, sua eficácia varia de acordo com os materiais utilizados na vedação e o ambiente que o circunda como a orientação do lote, iluminação artificial, equipamentos que geram calor e infiltração de ar externo.

De acordo com a NBR 16401-2 (2008) os parâmetros ambientais suscetíveis de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais das pessoas no verão fica entre 22,5°C a 25,5°C.

4.2 Carga Térmica

A carga térmica é toda forma de calor presente em um ambiente, que deve ser retirada ou colocada no local a fim de proporcionar um conforto térmico adequado. A partir dela podemos dimensionar nosso sistema de vedação térmico e o sistema de ar-condicionado.

Dentro dos fatores que influenciam a carga térmica estão: a temperatura externa, insolação, pessoas circulando, equipamentos e a iluminação. Por isso a carga térmica varia muito ao longo dos dias.

Assim sendo a carga térmica de um edifício é o somatório dos seguintes itens:

- Radiação solar que passam pelas janelas e vidros;
- Condução de calor através de paredes e telhados;
- Calor gerado por pessoas no interior do ambiente, equipamentos e iluminação artificial;
- Convecção térmica devido à infiltração de ar externo.

4.2.1 Carga Térmica Devido À Insolação

O guia ASHRAE (2005) estabelece equações para quantificar o total de radiação recebida do céu pela superfície da Terra. A carga térmica por insolação ocorre em superfícies opacas e translúcidas, como vidros e janelas.

Para uma superfície opaca exposta à radiação solar a intensidade do fluxo térmico (q) que atravessa esta parede é dada por:

$$q = U \left(\frac{\alpha I_g}{h_e} + t_e - t_i \right) \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (1)$$

Onde:

q = fluxo térmico (W/m^2)

U = coeficiente global de transferência de calor (W/m^2K);

t_e = Temperatura do ar externo ($^{\circ}C$);

t_i = Temperatura do ar interno ($^{\circ}C$);

α = Coeficiente de absorção de radiação solar (adimensional);

I_g = Intensidade de radiação solar incidente global (W/m^2);

h_e = Coeficiente de transferência de calor externo (W/m^2K).

De acordo com o CSTB (1958), na Tabela 01 apresenta-se valores para o coeficiente de transferência de calor externo.

Tabela 01 - Coeficientes de convecção recomendados para paredes externas e internas

Sentido do fluxo	Paredes exteriores		Paredes interiores		Paredes exteriores sujeitas a vento		
	h_i (W/m ² K)	h_e (W/m ² K)	h_i (W/m ² K)	h_e (W/m ² K)	Tipo de vento	Velocidade (m/s)	h_e (W/m ² K)
Horizontal	8	20	8	8	Fraco	1	13
Vert. ascendente	11	20	10	10	Médio	3	21
Vert. descendente	6	20	6	6	Forte	9	35

Fonte: Centre Scientifique et Technique du Batiment CSTB (1958).

A Tabela 02 apresenta valores para o coeficiente de absorção de radiação solar para alguns tipos de materiais de construção.

Tabela 02 - Coeficientes de absorvidade para cada tipo de material de construção

Superfície	Absorção para radiação solar (α)
Preto fosco	0,85 a 0,95
Tijolo ou pedra ou telha de cor vermelha	0,65 a 0,80
Tijolo ou pedra de cor amarela e couro	0,50 a 0,70
Tijolo ou pedra ou telha de cor amarela	0,30 a 0,50
Vidro da Janela	Transparente
Alumínio, ouro, bronze (brilhantes)	0,30 a 0,50
Latão, alumínio fosco, aço galvanizado	0,40 a 0,65
Latão e cobre polidos	0,30 a 0,50
Alumínio e cromo polidos	0,10 a 0,40

Fonte: Koenigsberger et al. (1995).

A Tabela 03 apresenta valores para o coeficiente de absorção de radiação solar de acordo com a cor do material.

Tabela 03 - Coeficientes de absortividade para cada cor de parede

Cor	Absorção para radiação solar (α)
Branca	0,20 a 0,30
Amarela, laranja, vermelha clara	0,30 a 0,50
Vermelha escura, verde clara, azul clara	0,50 a 0,70
Marrom clara, verde escura, azul escura	0,50 a 0,90
Marrom escura, preta	0,90 a 1,00

Fonte: Croiset (1995).

A Tabela 04 apresenta valores para o coeficiente global de transferência de calor.

Tabela 04 - Coeficientes globais de transferência de calor p/ materiais de construção

Elemento	Tipo	U (W/m ² K)
Paredes	Aço	7,87
Janelas	Vidro comum de 3 mm	5,79
Revestimento	Lã de rocha	0,4
Revestimento	Gesso	1,42

Fonte: ESSEL eletromecânica (2018).

Para uma superfície translúcida a intensidade do fluxo térmico (q) que atravessa esta parede é dada por:

$$q = \left[\left(\frac{\alpha U}{h_e} + \tau \right) I_g + U(t_e - t_i) \right] \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2)$$

Sendo:

$$S_{tr} = \frac{\alpha U}{h_e} + \tau \quad (3)$$

O fator solar referente à radiação solar global transmitida pelo vidro.

Para o vidro comum, tem-se:

$$\alpha = 0,07 \quad \rho = 0,08 \quad \tau = 0,85$$

$$U = 5,7 \frac{W}{m^2 K} \quad \frac{1}{h_e} = 0,05 \frac{m^2 K}{W} \quad S_{tr} = 0,87$$

A tabela 05 apresenta valores calculados para o fator solar (S_{tr}).

Tabela 05 - Fator solar para vidros

Tipo de vidro	Fator solar
Vidro comum transparente de uma lâmina	0,86
Vidro cinza sombra de uma lâmina	0,66
Vidro atérmico verde claro de uma lâmina	0,60
Vidro atérmico verde escuro de uma lâmina	0,49
Vidro cinza sombra usado com vidro comum transparente	0,45
Vidro atérmico verde claro usado com vidro comum transparente	0,39
Vidro atérmico verde escuro usado com vidro comum transparente	0,22

Fonte: Strobel (2018).

A Tabela 06 apresenta intensidades de radiações solares (I_g) para a região de Colorado – PR.

Tabela 06 - Radiação solar (W/m^2) planos verticais/horizontais - latitude 23°30' sul

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
S	114	208	195	151	106	74	63	74	106	151	195	208	114	22 de dezembro
SE	255	560	615	549	410	244	63	68	63	58	50	40	20	
L	276	608	704	659	511	311	63	68	63	58	50	40	20	
NE	121	323	410	417	349	235	65	68	63	58	50	40	20	
N	20	40	50	58	63	68	66	68	63	58	50	40	20	
NO	20	40	50	58	63	68	65	235	349	417	410	323	121	
O	20	40	50	58	63	68	63	311	511	659	704	608	276	
SO	20	40	50	58	63	68	63	244	410	549	615	560	255	
H	81	317	575	811	990	1108	1138	1108	990	811	575	317	81	
S	0	28	45	53	60	63	63	63	60	53	45	28	0	22 de março 22 de setembro
SE	16	288	386	313	163	63	63	63	60	53	45	28	0	
L	23	441	673	667	531	316	63	63	60	53	45	28	0	
NE	16	351	591	661	624	513	341	155	60	53	45	28	0	
N	0	73	190	290	386	446	453	446	386	290	190	73	0	
NO	0	28	45	53	60	155	341	513	624	661	591	351	16	
O	0	28	45	53	60	63	63	316	531	667	673	441	23	
SO	0	28	45	53	60	63	63	63	163	313	386	288	16	
H	0	155	418	667	751	983	1029	983	751	667	418	155	0	
S	-	8	30	45	50	53	55	53	50	45	30	8	-	21 de junho
SE	-	36	112	56	50	53	55	53	50	45	30	8	-	
L	-	90	395	501	424	261	55	53	50	45	30	8	-	
NE	-	96	478	679	708	643	515	349	180	45	30	8	-	
N	-	51	289	485	607	679	705	679	607	485	289	51	-	
NO	-	8	30	45	180	349	515	643	708	679	478	96	-	
O	-	8	30	45	50	53	55	261	424	501	395	90	-	
SO	-	8	30	45	50	53	55	53	50	56	112	36	-	
H	-	21	182	395	573	675	716	675	573	395	182	21	-	

Fonte: Gonçalves (1955).

Quando as paredes estão separando ambientes sem insolação, o procedimento é o mesmo do tópico anterior, porém, a radiação solar incidente, I_g se torna nula nestas condições.

Para os coeficientes de absorção de radiação solar (α), coeficiente global de transferência de calor (U) e coeficiente de transferência de calor externo (h_e) do telhado verde adota-se valores iguais ao trabalho BALANÇO DE ENERGIA EM TELHADO VERDE, p.55 escrito por Aline Nogueira Palmeira (2016).

$$U = 0,568 \frac{W}{m^2K} \quad \alpha = 0,95 \quad h_e = 25 \frac{W}{m^2K}$$

4.2.2 Carga Térmica Devido À Presença Humana

A quantidade de carga térmica gerada pelo corpo humano depende muito da atividade exercida por ele.

A Tabela 07 apresenta valores para o calor dissipado pelo corpo humano ao ambiente de acordo com sua atividade exercida.

Tabela 07 - Calor metabólico cedido ao ambiente, em W

Atividade	Calor metabólico (W)	Calor sensível (W)	Calor Latente (W)
Durante o sono (basal)	80	40	40
Sentado, em repouso	115	63	52
De pé, em repouso	120	63	57
Sentado, trabalhos manuais	130	65	65
Escritório, atividade moderada	140	65	75
De pé, trabalho leve	145	65	80
Datilografando rápido	160	65	95
Lavando pratos	175	65	110
Confeccionando calçados/roupas	190	65	125
Andando	220	75	145
Trabalho leve, em bancada	255	80	175
Garçom	290	95	195
Descendo escada	420	140	280
Serrando madeira	520	175	345
Nadando	580	-	-
Subindo escada	1280	-	-
Esforço máximo	870 a 1400	-	-

Fonte: Gonçalves (1955).

Estes valores são para um homem adulto. Uma mulher adulta libera 85% e uma criança 75% do valor liberado por um homem adulto, segundo a NBR 6401 (1980).

4.2.3 Carga Térmica Devido À Iluminação Artificial

Um dos elementos que contribui para o aumento da temperatura interna de um ambiente é a iluminação artificial, como afirma FROTA (1999, p. 121): “A conversão de energia elétrica em luz gera calor sensível. Esse calor é dissipado, por radiação, para as superfícies circundantes, por condução, através dos materiais adjacentes, e por convecção para o ar.”.

A Tabela 08 apresenta a energia dissipada pelas luminárias para diversas aplicações.

Tabela 08 - Calor dissipado pelo sistema de iluminação, por aplicação, em W/m²

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação Lux	Potência dissipada W/m ²
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16
Lojas	Fluorescente	750	17
	Fluorescente compacta		23
	Vapor metálico		28
Residências	Fluorescente compacta	150	9
	Incandescente		30
Supermercados	Fluorescente	1 000	21
	Vapor metálico		30
Armazéns climatizados	Fluorescentes	100	2
	Vapor Metálico		3
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta	50	6
	Vapor metálico		4
Museus	Fluorescente	200	5
	Fluorescente compacta		11
Bibliotecas	Fluorescente	500	16
	Fluorescente compacta		28
Restaurantes	Fluorescente compacta	150	13
	Incandescente		41
Auditórios:			
a) Tribuna	Fluorescente	750	30
	Fluorescente compacta		32
b) Platéia	Fluorescente	150	10
c) Sala de espera	Vapor metálico	200	18
	Fluorescente compacta		8
Hotéis:			
a) Corredores	Fluorescente compacta	100	8
b) Sala de leitura	Fluorescente	500	15
	Fluorescente compacta		22
c) Quartos	Fluorescente compacta	150	9
	Incandescente		30
d) Sala de convenções - Platéia	Fluorescente	150	8
- Tablado	Fluorescente	750	30
	Fluorescente compacta		30
e) Portaria e recepção	Fluorescente	200	8
	Fluorescente compacta		9

Fonte: NBR 16401 (2008).

4.2.4 Carga Térmica Devido À Equipamentos

Outra fonte de calor presente nos ambientes são cargas provenientes de equipamentos, no geral essa carga é mais atuante em edifícios comerciais.

“O calor dissipado por motores para o ambiente é função de sua potência e de suas características. Em geral, os motores de potência mais baixa têm menor rendimento.”. (FROTA, 1999, p. 122)

Para o cálculo da carga térmica dos equipamentos, adota-se como calor cedido ao ambiente 60% da potência nominal, no caso de aquecedores o calor é sua potência nominal.

A Tabela 09 apresenta valores calculados de ganho de calor proveniente de equipamentos.

Tabela 09 - Taxa de dissipação de calor

Equipamento	Tamanho	Potência W	Ganho de calor W			
			Sem coifa			Com coifa
			Plena Carga	Sensível	Latente	Total
Elétrico (sem exigência de coifa)						
Armário (grande, servir quente)	1,06 a 1,15 m ²	2 000	180	90	270	82
Armário (provador grande)	0,45 a 0,48 m ²	2 030	180	90	270	82
Armário (pequeno, manter quente)	0,09 a 0,18 m ²	900	80	40	120	37
Cafeteira	12 xícaras	1 660	1 100	560	1 660	530
Expositor refrigerado, por metros cúbicos de interior	0,17 a 1,9 m ³	1 590	640	0	640	0
Aquecedor de alimentos (lâmpada infra-vermelha), por lâmp.	1 a 6 lâmpadas	250	250	-	250	250
Aquecedor de alimentos (tipo prateleira), por metro quadrado de superfície	0,28 m ³ a 0,84 m ²	2 930	2 330	600	2 930	820
Aquecedor de alimentos (tubo infravermelho), por metro linear	1,0 m ³ a 2,1 m	950	950	-	950	950
Aquecedor de alimentos (água quente), por metro cúbico de banho	20 a 70 L	37 400	12 400	6 360	18 760	6 000
Congelador (grande)	2,07 m ³	1 340	540	-	540	0
Congelador (pequeno)	0,51 m ³	810	320	-	320	0
Grelha de cachorro quente	48 a 56 unidades	1 160	100	50	150	48
Forno de microondas (resistente, comercial)	20 L	2 630	2 630	-	2 630	0
Forno de microonda (tipo residencial)	30 L	600 a 1 400	600 a 1 400	-	600 a 1 400	0
Refrigerador (grande), por metro cúbico de espaço de interior	0,71 a 2,1 m ³	780	310	-	310	0
Refrigerador (pequeno) por metro cúbico de espaço de interior	0,17 a 0,71 m ³	1 730	690	-	690	0
Carrinho de transporte (quente), por metro cúbico de banho	50 L a 90 L	21 200	7 060	3 530	10 590	3 390
Aquecedor de caldas, por litro de capacidade	11 L	87	29	16	45	14
Torradeira (grande automático)	10 fatias	5 300	2 810	2 490	5 300	1 700
Torradeira (pequeno automático)	4 fatias	2 470	1 310	1 160	2 470	790
Chapa de Waffle	0,05 m ²	1 640	700	940	1 640	520
Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W				
Computadores						
Valor médio	55	20				
Valor com fator de segurança	65	25				
Valor com fator de segurança alto	75	30				
Monitores						
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0				
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0				
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0				
Impressoras e copiadoras	Uso contínuo W	1 página por minuto W	Ligada, em espera W			
Impressoras a laser						
De mesa, pequena	130	75	10			
De mesa	215	100	35			
De escritório, pequena	320	160	70			
De escritório, grande	550	275	125			
Copiadoras						
De mesa	400	85	20			
De escritório	1 100	400	300			

Fonte: NBR 16401 (2008).

4.2.5 Carga Térmica Devido À Infiltração De Ar

A infiltração de ar em ambientes pode ocasionar a ganhos ou perdas de calor, quando a temperatura externa é maior que a interna haverá ganho de calor, porém, se a temperatura interna é maior que a externa haverá perda de calor.

O calor proveniente da infiltração de ar possui a seguinte equação:

$$Q_{ar} = \rho_{ar} \cdot c_{p,ar} \cdot V \cdot (T_e - T_i) \quad (4)$$

Onde:

T_i = Temperatura interna em °C;

T_e = Temperatura externa em °C;

ρ_{ar} = Massa específica do ar: 1,2 kg/m³;

$c_{p,ar}$ = Calor específico do ar: 1009 J/kgK;

V = Vazão de ar em m³/h.

A Tabela 10 apresenta valores para a vazão de ar para diferentes tipos de abertura.

Tabela 10 - Infiltração de ar por tipo de abertura

Tipo de abertura	Vazão de ar (m ³ /h)
Frestas: Janelas comuns	3,0
Frestas: Janelas basculantes	3,0
Frestas: Janelas guilhotina madeira bem ajustada	6,5
Frestas: Janelas guilhotina madeira mal ajustada	2,0
Frestas: Janelas guilhotina metalica sem vedação	4,5
Frestas: Janelas guilhotina metalica com vedação	1,8
Frestas: Portas mal ajustadas	13,0
Frestas: Portas bem ajustadas	6,5

Fonte: STROBEL (2018).

4.3 Construções Em *Container*

O *container* readequado ao uso na construção civil como ambiente habitável é o mesmo *container* que foi utilizado no transporte de mercadorias em navios, feito geralmente em aço.

O *container* surgiu devido à necessidade da padronização internacional de transporte de cargas e o melhor aproveitamento do espaço para acomodação de cargas no navio. Em sua concepção inicial ele foi pensado apenas na finalidade de transporte de cargas, por esse motivo para utilizá-lo na construção civil ele deve passar por adaptações para que seja habitável.

Quando utilizado na construção civil, o *container* deve ganhar um isolamento térmico especial nas paredes e cobertura devido à sua alta condutibilidade térmica. Para isso existem técnicas de vedação que utilizam materiais com pouca condutibilidade térmica como lã de rocha ou vidro e poliestireno expandido. Além da vedação interna pinturas reflexivas externas, sombreamento, a opção por esquadrias isolantes e o uso de telhados verdes contribuem para o isolamento térmico.

Figura 01 – *Container* marítimo



Fonte: LAFAETE (2018).

Segundo o site UGREEN (2018) a vida útil do *container* para o transporte náutico é de aproximadamente oito anos, tendo uma vida real de cem anos. Por esse motivo estão sendo amplamente utilizados na construção civil, tanto para fins comerciais quanto residenciais.

A Figura 02 mostra uma praça de alimentação localizada em Curitiba no Paraná. Na praça todos os restaurantes são feitos em *container*.

Figura 02 – CA'DORE, Curitiba-PR



Fonte: CADORE (2017).

A Figura 03 mostra uma residência feita em *container* localizada no México.

Figura 03 – Residência Huiini, México



Fonte: Mito Covarrubias (2013).

Existem dois tipos de *containers* sendo utilizados na construção civil: o *container* marítimo comum, com péssimo isolamento térmico e acústico, e o *container* reefer, utilizado para transportar mercadorias congeladas, possuindo assim um melhor isolamento.

Vantagens da construção em *container*:

- Obra mais limpa com redução de entulho;
- Rapidez na execução, cerca de 60 a 90 dias para ficar pronta;
- Economia de recursos naturais: menor uso de areia, tijolo, cimento, água, etc.
- Flexibilidade: suas características geométricas permitem diversas configurações de montagem.
- Se bem administrada a construção pode ser 30% mais barata que a tradicional com alvenaria;
- Durabilidade: o *container* possui longa vida útil.

Desvantagens da utilização do *container* na construção civil:

- O terreno precisa ter espaço para as manobras de guindastes;
- Requer mão-de-obra especializada;
- Requer cuidados especiais de isolamento térmico e acústico;
- Carece de legislação adequada;
- Dependendo do que o *container* transportava, podem haver vestígios contaminantes;

4.4 Telhado Verde

Com a crescente urbanização e a conseqüente diminuição de áreas verdes nas cidades, estão surgindo ilhas de calor nos grandes centros. Com isso uma antiga técnica vista nos antigos jardins suspensos da Babilônia vem sendo aprimorada para ser utilizada nos edifícios modernos. Com o nome de telhado verde, essa técnica possibilita a inserção de áreas verdes em locais onde antes eram impossíveis devido à falta de espaço comum em grandes cidades, diminuindo as ilhas de calor.

A Figura 04 mostra um edifício com telhado verde em um centro urbanizado.

Figura 04 – Telhado verde em centro urbanizado

Fonte: Equipe Leroy Merlin (2017).

FERRAZ (2012, p.10) define o telhado verde de maneira simples, da seguinte forma:

As coberturas verdes fazem parte da arquitetura vernacular há séculos como solução para regulação térmica das edificações. A maneira mais simples de definir as aberturas verdes é dizer que são telhados com plantas em cima, ou ainda, de acordo com Osmundson (1999), uma cobertura verde é qualquer espaço aberto, plantado, com o propósito de proporcionar satisfação ao homem e melhorias ambientais, e que seja separado do solo por uma edificação ou qualquer outra estrutura. (OSMUNDSON, 1999 apud FERRAZ, 2012, p.10)

Já CORSINI (2011) define o telhado verde de maneira mais detalhada:

O telhado verde, também chamado de cobertura vegetal ou jardim suspenso, é um sistema construtivo caracterizado por uma cobertura vegetal feita com grama ou plantas. É instalado em lajes ou até mesmo sobre telhados convencionais e consiste em camadas de impermeabilização e de drenagem, as quais recebem o solo e a vegetação indicada para o projeto. Além do benefício estético, os telhados verdes funcionam como isolantes térmicos nas coberturas das edificações. Para as cidades, são uma forma de área vegetada que, em larga escala, contribui para melhorar a qualidade do ar e minimizar o efeito das ilhas de calor. No Brasil, o sistema ainda é pouco utilizado e não tem normatização. Algumas cidades e Estados, como Porto Alegre, Santa Catarina e Guarulhos (SP), têm leis e/ou instruções que incentivam a implementação das coberturas verdes em edificações públicas e privadas. (CORSINI, 2011)

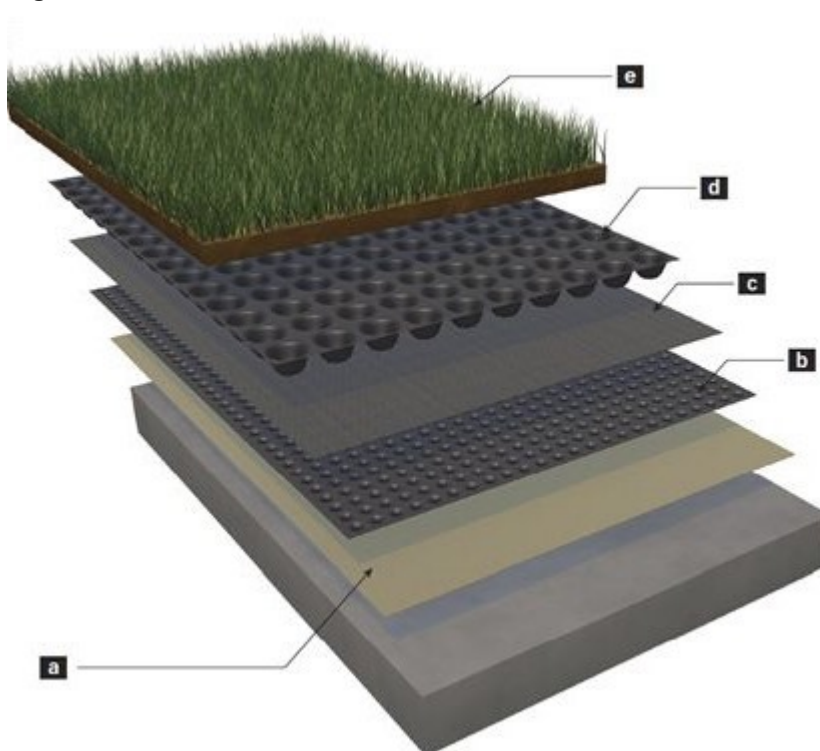
Segundo International Green Roof Association (2018), existem três tipos de telhados verdes:

- Extensivo: comporta plantas de pequeno porte, com peso variando entre 60 kg/m² e 150 kg/m²;
- Intensivo: comporta plantas de médio a grande porte, com peso variando entre 180 kg/m² e 500 kg/m²;
- Semi-intensivo: comporta plantas de médio porte, com peso variando entre 120 kg/m² e 200 kg/m².

Conforme a Figura 05 as camadas do telhado verde são compostas por:

- a. Impermeabilizante: feita com mantas sintéticas;
- b. Drenante: drena e filtra, feita de brita, seixos, argila expandida ou com mantas drenantes de poliestireno;
- c. Filtrante: feita de manta geotêxtil;
- d. Membrana de proteção contra raízes: controla o crescimento de raízes da vegetação;
- e. Solo e vegetação.

Figura 05 – Camadas do telhado verde



Fonte: CORSINI (2011).

CORSINI (2011) levanta alguns aspectos importantes para a instalação dos telhados verdes:

Os telhados verdes exigem a instalação do sistema em uma cobertura impermeabilizada, e a estrutura da edificação deve suportar o sistema dimensionado para ela. Normalmente, o ângulo de inclinação da cobertura é baixo ou nulo - esse fator determina a forma de drenagem ou a necessidade de barreiras para conter o fluxo de água. Após o preparo da cobertura e a instalação das camadas do sistema, deve-se aplicar a terra e plantar as espécies vegetais adequadas. (CORSINI, 2011)

Quanto ao tipo de vegetação CORSINI (2011) ressalta que:

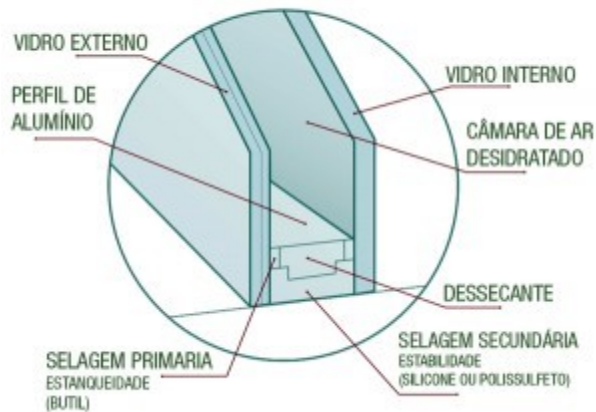
Plantas locais, mais resistentes e que exijam pouca rega e poda, podem facilitar a manutenção. No geral, coberturas verdes extensivas usam grama por conta da durabilidade. Normalmente a manutenção do telhado verde pode ser feita uma ou duas vezes por ano, dependendo do sistema aplicado. Os telhados verdes intensivos requerem maior manutenção. (CORSINI, 2011)

Segundo PORSCHE e KÖHLER (2003, p.464), os benefícios térmicos vindos dos telhados verdes são devido às diferentes camadas que reduzem a passagem da radiação solar, dependendo de variáveis como fatores de transferência de calor para cada material utilizado e índice de água nas camadas.

4.5 Vidro Insulado

O vidro insulado ou vidro duplo, representado na Figura 06, utilizado em janelas passa por um sistema de envidraçamento que pode ter duas ou mais peças de vidro coladas a um perfil de alumínio duplamente vedadas. Além de reduzir os ruídos no ambiente, ele ainda bloqueia o calor e aproveita melhor a luz natural.

Figura 06 – Vidro insulado
Sistema de vidro duplo (insulado)



Fonte: Divinal Vidros (2018).

Segundo o site DIVINAL VIDROS (2018), o sistema de duplo envidraçamento permite combinar vidros idênticos ou com propriedades diferentes, aproveitando as características de cada um, como, por exemplo, a resistência dos vidros temperados com a proteção térmica e acústica e a segurança dos laminados de controle solar, podendo ser utilizado em diversas aplicações tais como: construção civil, cobertura, estúdio de gravação, fachada, hospital, portas, janelas e refrigeração.

PEPITONE (2016) explica que internamente ao perfil de alumínio, há um hidrossecante, que garante a completa ausência de vapor d'água, impedindo que fique embaçado. Este sistema faz com que o vidro duplo seja ótimo isolante térmico e acústico.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Localização E Características Regionais

A edificação objeto deste estudo é um bar que possui 45,86 m² de área construída, situado na Rua Deputado Branco Mendes, Colorado-PR e foi utilizado para sua construção um *container* sem nenhum revestimento adicional, sendo apenas recortadas e instaladas as janelas e portas.

O projeto arquitetônico inicial foi elaborado pelo escritório de engenharia e arquitetura Estúdio Três Oitavos e depois de finalizado o Empório Container apresentou problemas térmicos durante seu funcionamento. Para corrigir estes problemas foram feitas reuniões no escritório e enquanto estagiário o autor deste trabalho participou da seleção das soluções a serem empregadas para corrigir o problema de excessivo calor interno. Foram selecionadas soluções utilizando a vegetação e vidros insulados para diminuir a incidência solar sobre a edificação.

A figura 07 apresenta a edificação.

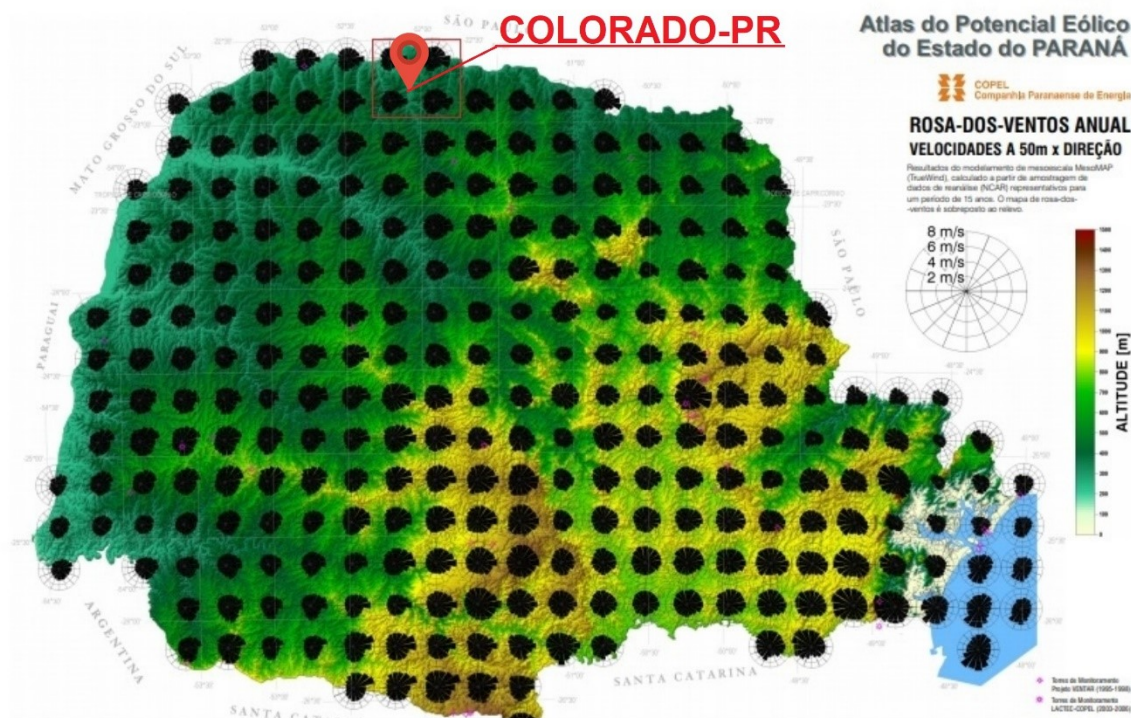
Figura 07 - Empório Container



Fonte: Estúdio 3/8 Arquitetura e Engenharia (2016).

O Município de Colorado localiza-se à 22° 50' 15" S, 51° 58' 23" W, a uma altitude de 400m em relação ao nível do mar, no noroeste do Paraná, possui um clima quente e úmido com ventos de em média 4m/s vindos do leste. A Figura 08 apresenta a velocidade média do vento e sua direção em várias regiões no estado do Paraná, destacando o município.

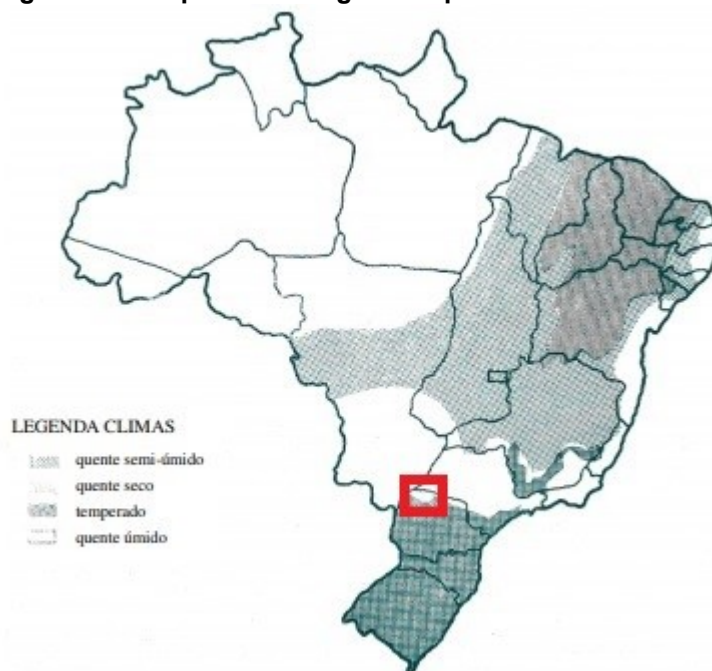
Figura 08 – Velocidade média no estado do Paraná



Fonte: Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná (2007).

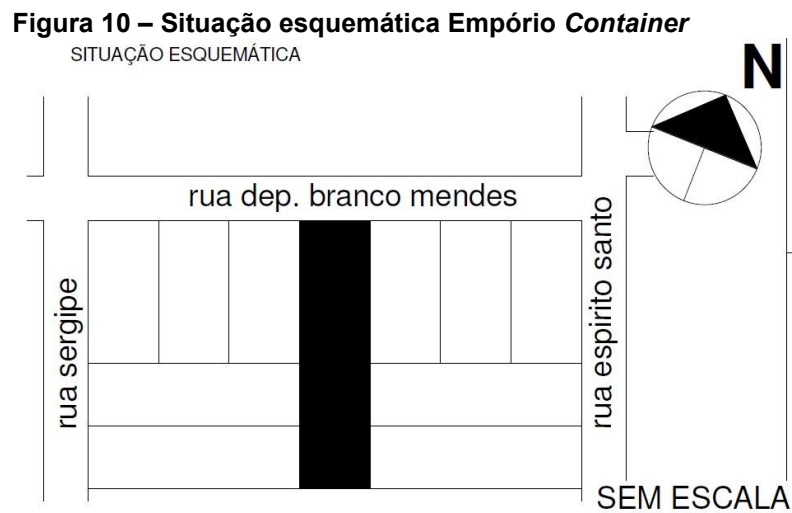
A Figura 09 apresenta os climas predominantes no Brasil por regiões com destaque para o município de Colorado.

Figura 09 – Mapa climatológico simplificado do Brasil



Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1978).

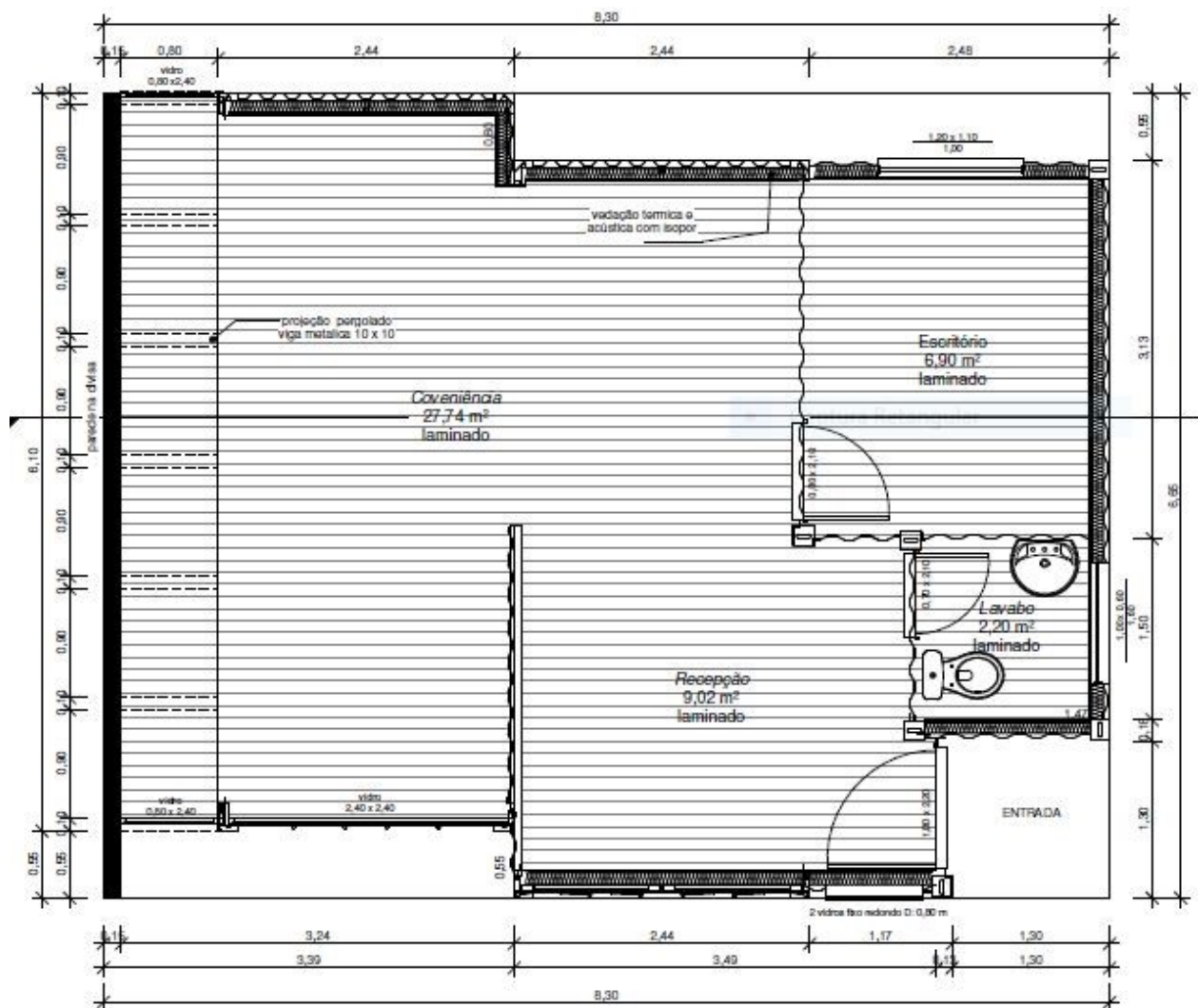
A Figura 10 mostra a localização do terreno onde se encontra o objeto de estudo e seu respectivo Norte.



Fonte: Estúdio 3/8 Arquitetura e Engenharia (2014).

Figura 11 mostra a planta baixa do objeto de estudo, no projeto constam isolamentos térmicos a partir de EPS, mas nenhum isolamento foi executado na obra por escolha do proprietário.

Figura 11 – Planta baixa Empório *Container*



Fonte: Estúdio 3/8 Arquitetura e Engenharia (2014).

Por estar orientado para o noroeste, o Empório *Container* recebe incidência solar no período da tarde, que segundo o arquiteto JOSÉ EDUARDO RENDEIRO (2015) é o mais potente e mais duradouro.

A partir dessas informações nota-se que o objeto de estudo está exposto a uma temperatura ambiente alta e com o agravante de estar apontado para o noroeste, aumentando assim a incidência solar.

5.2 Materiais E Métodos

Para melhorar o conforto térmico do *container* foi optado por amplificar a eficiência do sistema de ar-condicionado, levantando as cargas térmicas atuantes no local.

De modo a fazer o levantamento das cargas térmicas, foram feitas visitas ao local e coletado informações acerca de elementos que acrescentam tais cargas. Como quantidade de lâmpadas, equipamentos elétricos, cadeiras e número de funcionários.

Para cargas provenientes do Sol e ventilação foi analisada a planta baixa do comércio, porém a única carga de ventilação encontrada foi devido às frestas encontradas na porta de entrada em decorrência da má instalação da mesma.

Após o levantamento de cargas foi criado um cenário de uma situação mais crítica, quando todas as cadeiras estão ocupadas e com o Sol das 16h, que é o horário de maior movimento relatado pelo proprietário do bar.

Com as cargas térmicas quantificadas foram analisados os dados e propostas ações que diminuam consideravelmente essas cargas e proporcionem, conseqüentemente, um maior conforto térmico aos frequentadores do estabelecimento comercial e que é o objetivo deste estudo.

A quantificação das cargas em Watts e depois convertidas para BTU/h, foram feitas a partir das bibliografias apresentadas neste trabalho.

5.3 Cargas Térmicas

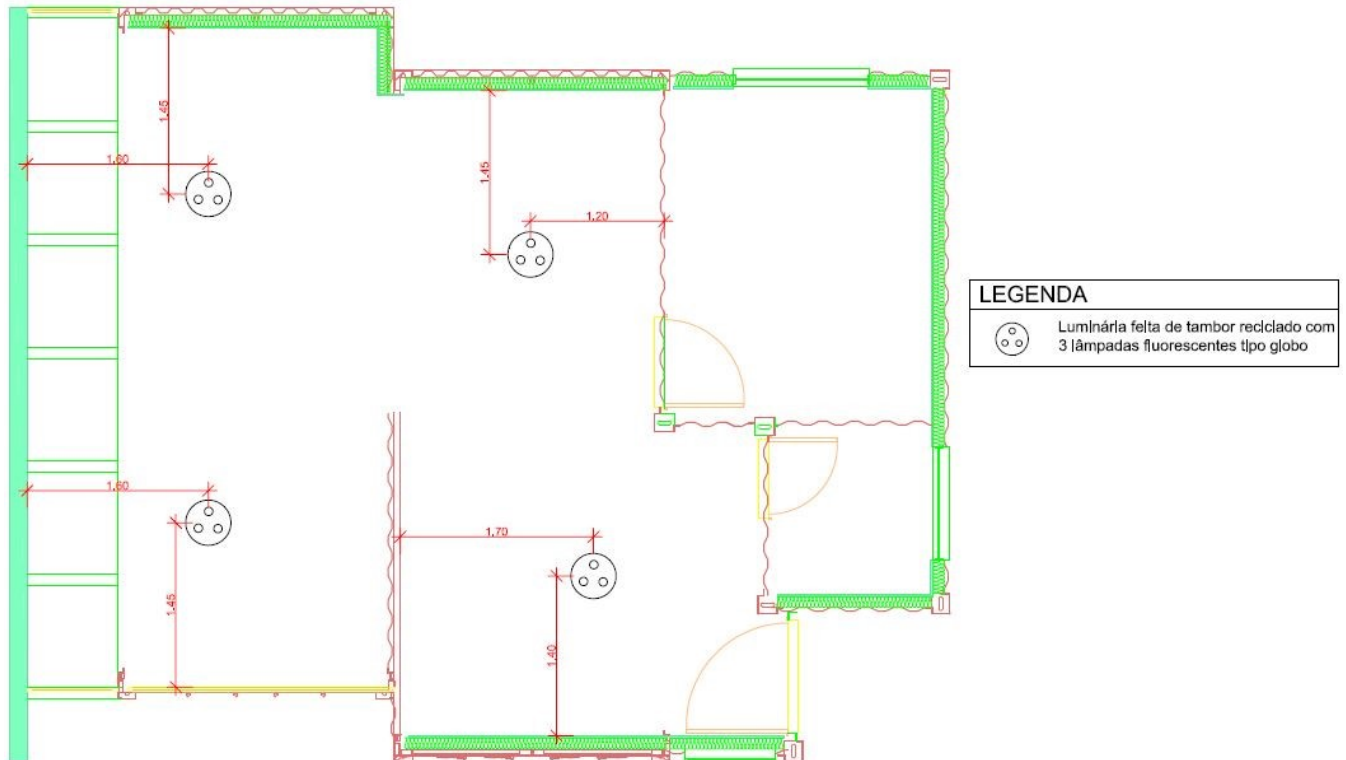
O levantamento das cargas térmicas a seguir foram contabilizadas em fevereiro/2018 às 16h00 em um dia com muito sol e poucas nuvens, sendo desconsiderado o horário de verão.

5.3.1 Iluminação

Para o cálculo das cargas térmicas devido à iluminação apenas no local onde as lâmpadas ficam acesas durante a tarde foram contabilizadas 12 lâmpadas fluorescentes do tipo globo. Cada lâmpada emite 980 lúmens, multiplicando pelo total de lâmpadas e dividindo pela área da conveniência de 36,76 m² obtemos 320 lux.

A Figura 12 apresenta a localização das luminárias ativas durante o cenário de pior caso criado.

Figura 12 – Planta de iluminação



Fonte: Autoria própria (2018).

De acordo com a Tabela 08 a potência dissipada para um restaurante com 150 lux é de 13 W/m², de maneira simplificada, a potência dissipada para nosso caso é de 27,73 W/m² gerando um total de 1019,35 W.

$$\text{Nível de iluminação} = \frac{980 \text{ lúmens} * 12 \text{ lâmpadas}}{36,76 \text{ m}^2} = 320 \text{ lux}$$

$$\text{Potência dissipada} = 27,73 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 36,76 \text{ m}^2 = 1019,35 \text{ W}$$

5.3.2 Pessoas

Para a carga térmica proveniente de pessoas foi feito a análise para o pior cenário, quando o comércio está com todas suas cadeiras ocupadas mais os dois funcionários.

O Empório *Container* conta com 16 cadeiras, 1 garçom e 1 atendente de caixa. Por meio da tabela 07 obtém-se que cada pessoa sentada realizando trabalhos manuais cede ao ambiente 130 W, e um garçom 290 W.

Totalizando 2500 W de carga térmica proveniente de pessoas.

$$\text{Calor metabólico} = (17 \text{ pessoas} * 130 \text{ W}) + (1 \text{ pessoa} * 290 \text{ W}) = 2500 \text{ W}$$

5.3.3 Equipamentos

O Empório *Container* ainda possui 5 expositores refrigerados gerando 640 W de calor cada, 1 televisão emitindo 400 W de calor, 1 impressora emitindo 130 W de calor e 1 computador emitindo 75 W de calor.

Ao todo se soma uma carga térmica por equipamentos de 3805 W.

$$\text{Total equipamentos} = (5 * 640 \text{ W}) + 400 \text{ W} + 130 \text{ W} + 75 \text{ W} = 3805 \text{ W}$$

5.3.4 Infiltração De Ar

Para as cargas devido à infiltração de ar e insolação, foi medida a temperatura externa no local, obtendo o valor de 33°C. Para a temperatura interna foi adotado o valor de 24°C que será mantido pelo ar condicionado, sendo a temperatura ideal de verão para o conforto térmico.

Devido à infiltração de ar pela fresta da porta levando em conta que esteja mal instalada calcula-se uma perda de calor de 39,23 W. Pela Equação 04:

$$Q_{ar} = 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1009 \frac{J}{kg.K} * \frac{13}{3600} \frac{m^3}{s} * (33 \text{ °C} - 24 \text{ °C}) = 39,23 \text{ W}$$

5.3.5 Insolação

Para a carga térmica devido à insolação nas chapas metálicas, por meio da Equação 01 obteve-se:

$$q = 7,87 \frac{W}{m^2.K} * \left(\frac{0,4 * 410 \frac{W}{m^2}}{20 \frac{W}{m^2.K}} + 33 \text{ °C} - 24 \text{ °C} \right) = 135,36 \frac{W}{m^2}$$

Para uma superfície de 72,25 m² onde o sol incidia diretamente, totalizando um ganho de 9780,05 W.

Já a carga nas áreas de vidro através da Equação 02 tem-se:

$$q = \left(\frac{0,07 * 5,7 \frac{W}{m^2 \cdot K}}{20 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + 0,85 \right) * 410 \frac{W}{m^2} + 5,7 \frac{W}{m^2 \cdot K} (33 \text{ } ^\circ\text{C} - 38 \text{ } ^\circ\text{C}) = 407,98 \frac{W}{m^2}$$

Com uma superfície de 16,36 m², totalizando 6674,54 W.

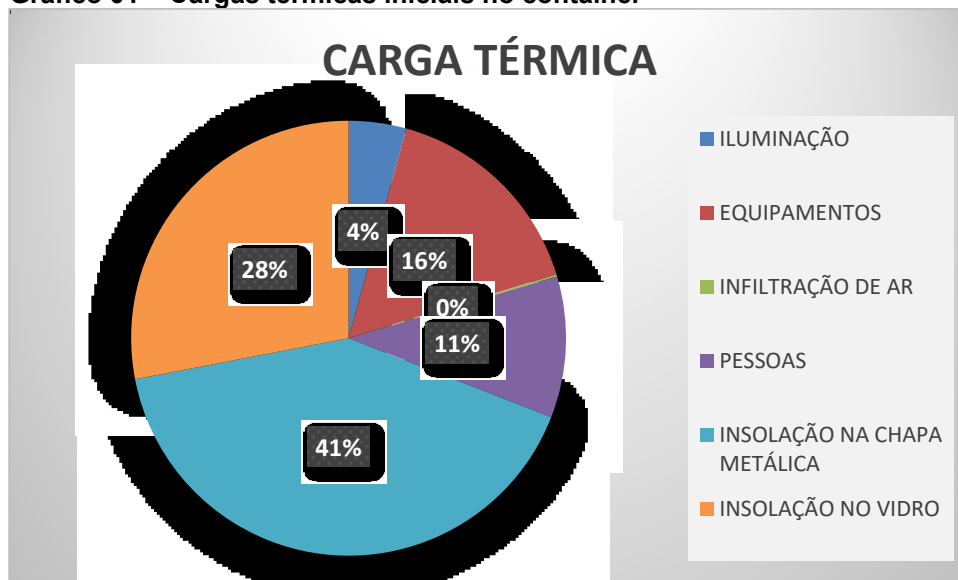
5.4 Resultados E Discussões

Em conjunto as cargas térmicas totalizaram 23818,17 W. Convertendo para BTU/h colheu-se o valor de 81271 BTU/h. Onde 1 W equivale a 3,414135 BTU/h.

Através dos resultados fica visível que a maior parte da carga térmica é devido à insolação nas paredes e janelas. Por esse motivo a solução para minimizar o consumo de ar-condicionado foi reduzir apenas as cargas térmicas vindas desses dois fatores.

O Gráfico 01 apresenta todas as cargas térmicas levantadas inicialmente atuando no *container* e suas respectivas intensidades.

Gráfico 01 – Cargas térmicas iniciais no container



Fonte: Autoria própria (2018).

Com os dados provenientes do estudo foram efetuadas reuniões com o proprietário e foram elaboradas propostas para amenizar a temperatura interna e conferir um ambiente de melhor qualidade em conforto.

5.4.1 Propostas

Como apurado no estudo as maiores cargas incidentes na edificação são provenientes da insolação, tanto nas aberturas como na edificação devido à composição do *container*, o aço. Neste contexto a equipe chegou a duas ações principais:

- a. Utilização de vegetação; e
- b. Substituição por Vidros Insulados.

A utilização de telhado verde do tipo extensivo sobre todo o telhado, a instalação de um jardim vertical em toda a extensão da parede lateral resultando em um sombreamento total e a instalação de uma única árvore na calçada, de forma a não perder a identidade do estabelecimento, caracterizam a utilização da vegetação em detrimento da instalação de aparelhos de ar condicionado mais potentes, o que aumentaria os custos.

A substituição dos vidros existentes por vidros duplos ou insulados na cor cinza sombra, também vem como medida para atenuar a temperatura interna do estabelecimento.

A Figura 13 mostra a ideia da solução descrita anteriormente.

Figura 13 – Empório *Container*



Fonte: Estúdio 3/8 Arquitetura e Engenharia (2018).

5.4.1.1 Telhado Verde

Recalculando utilizando os parâmetros do telhado verde por meio da Equação 01:

$$q = 0,568 \frac{W}{m^2 \cdot K} * \left(\frac{0,95 * 410 \frac{W}{m^2}}{25 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + 33 \text{ °C} - 24 \text{ °C} \right) = 13,96 \frac{W}{m^2}$$

Com uma superfície de 40,98 m², totalizando 572,14 W.

5.4.1.2 Jardim Vertical

Uso de jardim vertical anulando a intensidade de radiação solar incidente global:

$$q = 7,87 \frac{W}{m^2 \cdot K} * \left(\frac{0,4 * 0 \frac{W}{m^2}}{20 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + 33 \text{ °C} - 24 \text{ °C} \right) = 70,83 \frac{W}{m^2}$$

Com uma superfície de 15,50 m², totalizando 1097,87 W.

5.4.1.3 Sombreamento Da Fachada

Uso de sombreamento parcial da fachada, diminuindo a intensidade de radiação solar incidente global:

$$q = 7,87 \frac{W}{m^2 \cdot K} * \left(\frac{0,4 * 205 \frac{W}{m^2}}{20 \frac{W}{m^2 \cdot K}} + 33 \text{ °C} - 24 \text{ °C} \right) = 103,10 \frac{W}{m^2}$$

Com uma superfície de 15,77 m², totalizando 1625,84 W.

5.4.1.4 Vidros Duplos Ou Insulados

Adotando vidros insulados na cor cinza sombra, através da Equação 02:

$$q = \left[(0,45) * 410 \frac{W}{m^2} + 5,7 \frac{W}{m^2 \cdot K} * (33 \text{ °C} - 24 \text{ °C}) \right] = 235,8 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

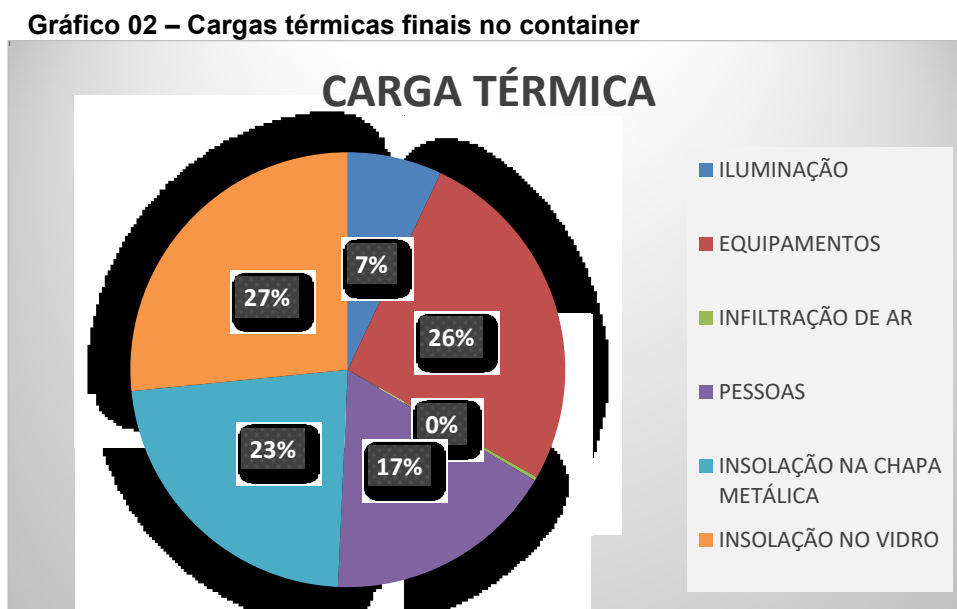
Com uma superfície de 16,36 m², totalizando 3857,69 W.

As cargas devido a pessoas, equipamentos, iluminação e equipamentos permanecem as mesmas.

5.4.2 Análise Após As Ações Propostas

A nova carga térmica total é de 14517,11 W. Transformando em BTU/h: 49534,44 BTU/h. Resultando em uma redução de 39,05% em relação às cargas térmicas iniciais.

O Gráfico 02 apresenta todas as cargas térmicas levantadas e suas respectivas intensidades após o tratamento no *container*.



Fonte: Autoria própria (2018).

Devido ao metal ser um péssimo isolante térmico, observa-se que a maior diferença entre as cargas térmicas antes e depois do tratamento ocorreu naquele local, como mostra a Tabela 11 que apresenta os números da carga térmica antes e depois das ações propostas.

Tabela 11 – Comparativo de cargas térmicas

FONTE	CARGA TÉRMICA		
	INICIAL (ANTES DO TRATAMENTO)	FINAL (DEPOIS DO TRATAMENTO)	DIFERENÇA
ILUMINAÇÃO	1019,35 W	1019,35 W	0 W
EQUIPAMENTOS	3805,00 W	3805,00 W	0 W
INFILTRAÇÃO	39,23 W	39,23 W	0 W
PESSOAS	2500,00 W	2500,00 W	0 W
INSOLAÇÃO NA CHAPA METÁLICA	9780,05 W	3295,84 W	6484,20 W
INSOLAÇÃO NO VIDRO	6674,54 W	3857,69 W	2816,86 W
TOTAL	23818,17 W	14517,11 W	9301,06 W

Fonte: Autoria própria (2018).

A carga térmica de um ambiente interfere diretamente no tipo de ar-condicionado que deve ser instalado. Quando o ar-condicionado é subdimensionado, ele trabalha de forma ininterrupta gerando um gasto de energia muito maior, além de não conseguir manter o ambiente na temperatura ideal de conforto térmico de 24°C.

Para o objeto de estudo visto neste trabalho na situação atual em que se encontra, o ar-condicionado deverá possuir no mínimo uma capacidade de refrigeração de 80000 BTUs. Enquanto o ar-condicionado considerando as modificações feitas com telhado verde, jardim vertical, sombreamento e substituição de vidros, deverá ter no mínimo 48000 BTUs.

6 CONCLUSÃO

A construção de um edifício vai muito além da sua plasticidade, para que ele tenha qualidade é necessário também que possua um bom desempenho estrutural, térmico e acústico para que não cause desconforto aos usuários.

Uma simples escolha de material pode causar diferenças no desempenho térmico de um edifício. Quando a arquitetura obriga a utilização de materiais de alta condutividade térmica, podemos combiná-los com outros tipos de materiais com menor condutividade térmica de forma a promover uma carga térmica devido à insolação menor.

As cargas térmicas provenientes do Sol e da quantidade pessoas são variáveis ao longo do dia, sendo necessária uma reunião com o proprietário da edificação para descobrir qual o horário com o maior fluxo de pessoas. Ainda a capacidade mínima de refrigeração do ar-condicionado estabelecido no final deste trabalho, não se torna verdadeira ao longo de todo o dia e quando a quantidade de pessoas não atinja seu máximo.

Feito a análise e apresentação dos resultados ficou comprovado que a maior interferência térmica veio da insolação nas chapas metálicas do *container* e nas janelas com vidros translúcidos, não sendo necessário forçar a redução de equipamentos, luminárias ou quantidade de cadeiras.

O coeficiente global de transferência de calor mostrou ser grande influenciador na carga térmica solar obtida, a partir dele pode-se selecionar outros tipos de materiais a serem utilizados na vedação térmica de um edifício. Neste trabalho a equipe responsável pela elaboração do projeto optou pelo telhado verde, dentre uma série de materiais com um coeficiente de transferência de calor inferior ao metal, não apenas por ser o menor valor encontrado, mas também por apresentar atrativo estético.

A importância deste trabalho se dá em dois níveis: local e global.

Localmente, o tratamento feito no *container* promoveu um aumento da vida útil da edificação, uma vez que os danos causados na estrutura por intempéries são menores, e também diminuiu gastos com energia elétrica.

De uma forma global, a importância deste trabalho se dá devido às consequências ambientais de alta demanda de energia elétrica nos períodos mais quentes do ano, quando novos equipamentos de ar-condicionado são

adquiridos que sobrecarregam a rede elétrica e intensificam os efeitos das ilhas de calor.

O tratamento efetuado no objeto de estudo apresentado neste trabalho além de diminuir ilhas de calor através do telhado verde, também proporciona uma diminuição da demanda de energia elétrica, poupando recursos naturais que são utilizados para geração da mesma.

A utilização de *containers* na construção civil continuam sendo aplicados em todo o Brasil, este trabalho poderá ser usado como base para edificações a fim de evitar ou tratar problemas com conforto térmico.

Não foi possível afirmar se o desempenho térmico do edifício após as modificações propostas surtiram efeito na prática, pois o tratamento proposto está apenas no projeto.

7 REFERÊNCIAS

A.S.H.R.A.E.. **Handbook of fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.** 1977.

CENGEL, Y. A. **Heat and mass transfer – A practical approach.** 3 ed. Nova York: MMcGraw-Hill, 2007.

COPEL. **Atlas do potencial eólico do Paraná.** 2007.

CORSINI, R. **Cobertura de edificações com vegetação requer sistema preparado para receber as plantas.** São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-de-edificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>>. Acesso em 04 maio 2018.

CROISSET, M. **L'hygrothermique dans le batiment.** Paris, 1972.

DIVINAL VIDROS. Disponível em: <<http://divinalvidros.com.br>>. Acesso em 04 maio 2018.

DUARTE, R. A. D. **Conforto Térmico e Edificações.** Disponível em: <<https://www.jrrio.com.br/construcao-sustentavel/pb-conforto-termico.html>>. Acesso em 09 jun. 2018.

ESSEL, **Capítulo 3: PROJETO TÉRMICO DE TROCADORES DE CALOR.** 2018.

FERRAZ, I. L.. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmican** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2012.

FROTA, A. B. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo, 1999.

GONÇALVES, H. **O sol nos edifícios**. Rio de Janeiro, 1955.

KOENIGSBERGER, O. et al. **Vivienda y edificios em zonas cálidas y tropicales**. Madrid, 1977.

LAFIETE CONSTRUÇÕES EM CONTAINER. Disponível em: <<http://www.lafietelocacao.com.br/produto/container-maritimo/>>. Acesso em 04 maio 2018.

NBR 6401. **INSTALAÇÕES CENTRAIS DE AR CONDICIONADO PARA CONFORTO - PARÂMETROS BÁSICOS DE PROJETO**. 1980.

NBR 15220. **Desempenho térmico de edificações**. 2005.

NBR 16401. **Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**. 2008.

PALMEIRA, A. N. **Balanco de energia em telhado verde**. Santa Maria: UFSM, 2016.

PEPITONI, C. **Vidros**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://arq.ap1.com.br/vidros/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PORSCHÉ, U.; KÖHLER, M. Life cycle of green roofs – a comparison of Germany, USA and Brazil. In: RIO 3 – WORLD CLIMATE & ENERGY EVENT, 2003, Rio de Janeiro. p. 461-467.

RANGEL, J. **Construção em contêiner: Vantagens e Desvantagens**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/construcao-em-conteiner/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

RENDEIRO, J. E. **Blog Cursos Construir**. 2015. Disponível em: <<https://construir.arq.br/como-distribuir-os-ambientes-do-projeto-em-relacao-ao-norte-e-ao-sol/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

STROBEL, C. **Refrigeração e Ar condicionado: Conforto Térmico e Carga Térmica de Climatização**. 2018.

TEIXEIRA, A. Â. A. **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTAINERS METÁLICOS UTILIZADOS COMO ALOJAMENTO EM CANTEIRO DE OBRAS**. Monografia de especialização. Curitiba: UTFPR, 2014.