

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL

VIABILIDADE DO USO DE CONTÊINERES PARA  
HOSPITAIS DE CAMPANHA EM GOIÁS

Autora: Caroline Gimenes Pereira  
Orientadora: Prof. Ma. Bruna Oliveira Campos

Rio Verde - GO  
dezembro - 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL

VIABILIDADE DO USO DE CONTÊINERES PARA  
HOSPITAIS DE CAMPANHA EM GOIÁS

Autora: Caroline Gimenes Pereira

Orientadora: Prof. Ma. Bruna Oliveira Campos

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Civil do Instituto Federal Goiano –  
Campus Rio Verde, como requisito  
parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Rio Verde - GO  
dezembro - 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

P436v      Pereira, Caroline Gimenes  
              Viabilidade do uso de contêineres para hospitais  
de campanha em Goiás / Caroline Gimenes Pereira;  
orientadora Bruna Oliveira Campos. -- Rio Verde,  
2020.  
              40 p.

              Monografia (Graduação em Engenharia Civil) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

              1. Situação emergencial. 2. Sustentabilidade. 3.  
Reefer. 4. Dry. 5. Construção civil. I. Campos, Bruna  
Oliveira, orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
PRODUÇÕES TÉCNICO- CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO  
INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

**Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF Goiano Sistema Integrado de  
Bibliotecas**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC – Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional – Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Caroline Gimenes Pereira

Matrícula: 2016102200840261

Título do Trabalho: Viabilidade do uso de contêineres em hospitais de campanha em Goiás

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim

Justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 27/01/2021.

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro e/ou artigo?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

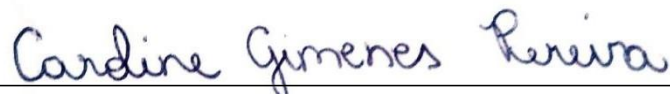
1 - o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-

científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

2 - obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

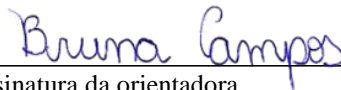
3 - cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 27/01/2021.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura da orientadora



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 7/2021 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos quatro dias do mês de dezembro de 2020, às 14 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Bruna Oliveira Campos (orientadora), Marcel Willian Reis Sales (membro), Tatiana de Freitas Pinazo (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha em Goiás” da estudante Caroline Gimenes Pereira, Matrícula nº 2016102200840261 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora. No caso do membro Tatiana de Freitas Pinazo, a orientadora procedeu com a assinatura da ata.

*(Assinado Eletronicamente)*

Bruna Oliveira Campos

Orientadora

*(Assinado Eletronicamente)*

Marcel Willian Reis Sales

Membro

*(Assinado Eletronicamente pela orientadora)*

Tatiana de Freitas Pinazo

Membro

## Observação:

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcel Willian Reis Sales**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/01/2021 11:10:08.
- **Bruna Oliveira Campos**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/01/2021 10:53:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/01/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 233650

Código de Autenticação: 9f1caea6dd



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600



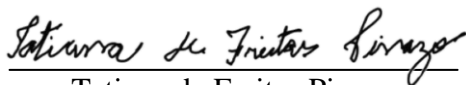
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE-GO

---

## D E C L A R A Ç Ã O

Eu Tatiana de Freitas Pinazo, professora na Universidade de Rio Verde – Goiás, declaro que participei como membro avaliador, aos quatro dias do mês de dezembro de 2020, às 14 h, da defesa de Trabalho de Curso intitulado “Viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha em Goiás”, da estudante Caroline Gimenes Pereira, Matrícula nº 2016102200840261 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano, Campus Rio Verde. A banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Dessa forma, autorizo a orientadora Bruna Oliveira Campos a assinar eletronicamente a ata de defesa, no Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP).

Rio Verde (GO), 27 de janeiro de 2021

  
Tatiana de Freitas Pinazo



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por estar comigo durante todo momento da minha trajetória, por me dar forças para superar todas as adversidades sem desanimar e sabedoria para compreender o que me era ensinado.

À minha família e amigos, por sempre me apoiar, por me incentivar nunca desistir por mais difícil que estivesse e por toda a compreensão ao distanciamento nos momentos de estudos e na realização desse trabalho.

Aos professores, por transmitirem seus conhecimentos, por toda a ajuda no decorrer do curso e pelo auxílio para uma melhor formação profissional. À minha orientadora, por toda a paciência, por dispor tempo para sempre me guiar na realização desse trabalho.

Aos meus amigos da faculdade, que passaram por toda essa trajetória ao meu lado, por sempre estarem dispostos a me ajudar nos momentos de incompreensão, por não me deixarem desistir no meio do caminho e por estarem presentes nos momentos felizes e nos difíceis.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Nascida em 27 de março de 1995, natural da cidade de Rio Verde em Goiás, Brasil. Filha de Heliane Gimenes Ribeiro e Uivaldo Rodrigues Pereira. Formou-se no ensino médio no Colégio Estadual Martins Borges, em 2011. Graduada de Engenharia Civil no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Estagiária na empresa BRK Ambiental S.A. de Goiás, na área de saneamento. Em dezembro de 2020, defendeu o trabalho de conclusão de curso, parte indispensável para obter o título de Bacharel em Engenharia Civil.

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE TABELAS .....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS .....	vii
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Sustentabilidade na construção civil .....	2
1.1.1 O uso do contêiner na construção civil .....	4
2 OBJETIVOS .....	11
Introdução .....	15
Fundamentação .....	15
Conforto térmico .....	17
<i>Propriedades acústicas</i> .....	18
<i>Custo de ciclo de vida</i> .....	18
<i>Análise da resistência ao fogo</i> .....	18
Material e Métodos .....	18
<i>Objeto de estudo</i> .....	18
<i>Simulação do conforto térmico</i> .....	19
<i>Avaliação das propriedades acústicas</i> .....	20
<i>Avaliação da resistência ao fogo</i> .....	21
<i>Análise de custo do ciclo de vida</i> .....	21
<i>Resultados e Discussões</i> .....	21
<i>Conforto térmico</i> .....	21
<i>Propriedades acústicas</i> .....	24
<i>Resistência ao fogo</i> .....	24
<i>Custo do ciclo de vida</i> .....	25
Conclusão .....	28
<i>Referências Bibliográficas</i> .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável .....	3
Figura 2: Portos públicos brasileiros .....	4
Figura 3: Residência em contêineres .....	6
Figura 4: Hospital contêiner .....	6
Figura 5: A) Ligação entre contêiner e fundação; B) Ligação entre contêineres .....	7
Figura 6: Revestimento em contêiner dry.....	8
CAPÍTULO I	
Figura 1: Tipos de contêineres em unidade (2020) .....	16
Figura 2: Contêiner dry .....	16
Figura 3: Contêiner reefer.....	17
Figura 4: Planta baixa do hospital estudado .....	19
Figura 5: Zonas térmicas do hospital de campanha.....	19
Figura 6: Zonas bioclimáticas do Brasil .....	22
Figura 7: Temperaturas mensais em cada zona térmica .....	22
Figura 8: Temperaturas internas e externas da superfície mais crítica; A) zona térmica 8; B) zona térmica 12.....	23
Figura 9: Custo do ciclo de vida da edificação pré-fabricada .....	26
Figura 10: Custo do ciclo de vida da edificação em contêiner .....	26

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Comparação dos sistemas construtivos convencional e em contêineres dry e reefer.....	9
CAPÍTULO I	
Tabela 1: Tipos, dimensões e características dos contêineres dry e reefer.....	17
Tabela 2: Níveis de pressão sonora equivalente LAeq para cada classe de ruído.....	20
Tabela 3: Coeficiente de absorção sonora dos materiais.....	21
Tabela 4: Propriedades sonoras dos materiais.....	21
Tabela 5: Níveis de ruído obtidos para o hospital de campanha.....	24
Tabela 6: Planilha de parametrização entre os sistemas construtivos de alvenaria convencional e contêiner para a construção de uma residência.....	26

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Símbolo / sigla	Significado	Unidade Medida
$\alpha$	Absortância a radiação solar	
$\epsilon$	Emissividade a radiação	
$\lambda$	Condutividade térmica	W/mK
°C	Graus celsius	
%	Por cento	
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	
dB	Decibel	A
DML	Depósito de Material de Limpeza	
EPS	Poliestireno expandido	
LAeq	Nível de pressão sonora equivalente	dBA
Lc	Nível de pressão sonora corrigido	dBA
NCA	Nível de Critério de Avaliação	dBA
NT	Norma Técnica	
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	
$q_{fi}$	Carga de incêndio específica	
RCC	Resíduos de Construção Civil	
TRRF	Tempo Requerido de Resistência ao Fogo	
XPS	Poliestireno Extrudado	

## RESUMO

PEREIRA, CAROLINE GIMENES. **Viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha.** 2020. 30p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

O sistema construtivo mais difundido no Brasil é o convencional, constituído por vedação de tijolos cerâmicos e estrutura de concreto armado. O avanço tecnológico induz a busca por novos métodos construtivos que visam a eficiência e superar as desvantagens do sistema convencional, como o tempo prolongado de execução e a grande quantidade de resíduos de construção civil gerados. O sistema construtivo modular é uma boa alternativa para situações emergenciais, devido sua ágil execução, facilidade de transporte e adaptação. Desse modo este trabalho objetivou analisar a viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha. Para tanto, utilizou-se o projeto do hospital de campanha de Rio Verde – GO para avaliar as propriedades de isolamento acústico, conforto térmico, capacidade de propagação ao fogo e custo do ciclo de vida, de três sistemas construtivos: convencional e contêineres *dry* e *reefer*. Para a análise das características mencionadas realizou-se simulações, com o auxílio de *softwares* específicos. Comparou-se os dados obtidos e identificou que os contêineres é o sistema construtivo mais viável economicamente, para situações emergenciais, devido sua rapidez de execução e economia de materiais, enquanto o contêiner *dry* apresentou-se mais vantajoso por possuir menor custo, ser encontrado facilmente e, ao ser adaptado corretamente, apresentou bom conforto térmico e acústico. Já o sistema construtivo convencional possui maior ciclo de vida, por não sofrer processo de corrosão, e melhor resistência ao fogo.

**Palavras-chaves:** situação emergencial, construção civil, sustentabilidade, *dry*, *reefer*.

## ABSTRACT

PEREIRA, CAROLINE GIMENES. **Feasibility of using containers for campaign hospitals in Goiás.** 2020. 30p. Monograph (Bachelor Degree in Civil Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

*The most widespread construction system in Brazil is the conventional one consisting of ceramic brick fencing and reinforced concrete structure. Technological advances induce the search for new construction methods that aim at efficiency and overcome the disadvantages of the conventional system such as the prolonged execution time and the large amount of generated construction waste generated. The modular construction system is a good alternative for emergency situations due to its agile execution, ease of transport and adaptation. Thus, this study aimed to analyze the feasibility of using containers for campaign hospitals. To this end the Rio Verde campaign hospital project was used to evaluate the sound insulation properties, thermal comfort, fire propagation capacity and life cycle cost of three construction systems: conventional and dry and reefer containers. For the analysis of the mentioned characteristics, simulations were performed with the aid of specific software. The data obtained were compared and identified that the containers are the most economically viable construction system for emergency situations due to their speed of execution and economy of materials while the dry container was more advantageous due to its lower cost, easily to be found and it presented good thermal and acoustic comfort when properly adapted. The conventional construction system has a longer life cycle as it does not undergo a corrosion process and has better fire resistance.*

**KEYWORDS:** *emergency situation, civil construction, sustainability, dry, reefer*



## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está em constante evolução para adaptar-se ao avanço tecnológico. Os grandes blocos feitos de pedras utilizados em monumentos históricos, como as pirâmides egípcias, foram substituídos por técnicas mais práticas, rápidas e eficientes, pois a espera de décadas pela finalização de uma obra tornou-se inviável.

Após o período de utilização das pedras em seu estado mais primitivo, bem como o mármore, a exemplo da construção do Taj Mahal, na Índia, desenvolveu-se o sistema construtivo convencional, constituído de vedação de blocos cerâmicos e estrutura de concreto armado, tornando-se o método mais difundido no Brasil, até os dias atuais. A construção convencional possui muitos benefícios, como resistência mecânica, durabilidade e isolamento térmico, entretanto, demanda maior tempo de execução, dependendo das dimensões da obra. Além disso, esse sistema construtivo gera grande quantidade de resíduos de construção civil (RCC), acarretando riscos biológicos, químicos e ambientais.

A utilização de contêineres ou módulos para as edificações vem ampliando-se gradativamente no Brasil e proporciona a ideia da construção limpa. Os contêineres são componentes utilizados para o transporte de cargas e quando não estão mais em funcionamento, são abandonados no meio ambiente e ficam estagnados, apenas ocupando espaço. O uso de contêineres para edificações de casas, comércios e outros estabelecimentos proporciona a reutilização desse material descartado, produzindo uma obra com poucos resíduos, e com considerável durabilidade e resistência.

A agilidade de uma obra é considerada fator primordial após a ocorrência de desastres naturais ou ao vivenciar uma guerra biológica como uma pandemia, tornando o método construtivo modular o mais viável nessas situações. Este trabalho busca

apresentar informações sobre o tema, analisando propriedades físicas e construtivas de contêineres para a reutilização desse material na arquitetura. Espera-se que contribua para a construção de hospitais de campanha com maior rapidez, economia e sustentabilidade.

Este trabalho foi estruturado em quatro partes, sendo inicialmente apresentado o referencial teórico sobre a sustentabilidade na construção civil com foco no sistema construtivo em contêineres, enquanto na segunda parte destacou-se os objetivos do trabalho. Na terceira parte, Capítulo I, apresentou o artigo com a metodologia para avaliar as propriedades de isolamento acústico, conforto térmico, capacidade de propagação ao fogo e custo do ciclo de vida de três sistemas construtivos, convencional e contêineres *dry* e *reefer*, e os respectivos resultados obtidos. Por fim, fez-se as considerações finais do trabalho e as referências.

## 1.1 Sustentabilidade na construção civil

A sustentabilidade concilia os aspectos ambientais com os econômicos e sociais, sem afetar negativamente nenhum deles. Se o tripé ambiente-economia-sociedade não for considerado de maneira integrada não há desenvolvimento sustentável. O objetivo desafiador é proporcionar a evolução econômica, atendendo às expectativas sociais e sem prejudicar o meio ambiente, conservando-o para as gerações futuras (AGOPYAN; JOHN, 2011). O conceito de desenvolvimento sustentável é estabelecido pelo relatório de Brundtland (1987) que visa atender as necessidades do presente sem interferir nas gerações futuras, de modo que os mesmos consigam atender as próprias necessidades.

Na conferência Rio-92, sediada no Rio de Janeiro em 1992, foram aprovados documentos utilizados como instrumentos para mudanças no modo de vida da sociedade, salientando a sustentabilidade e preservação ambiental, ampliando a conscientização em plano global e social. Dentre esses instrumentos está a Agenda 2030, que se trata de um plano de ações e instrumento político de consulta populacional, que visa o desenvolvimento sustentável, proteção do meio ambiente e a justiça social (BRASIL, 2006).

Fortemente interligados à Agenda 2030 estão os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agenda 2030 é o instrumento mais completo ao se tratar de sustentabilidade, tornando-se o principal referencial dos princípios contidos no termo

desenvolvimento sustentável. Os ODS dão um direcionamento aos esforços para a preservação do meio ambiente e valorização dos direitos humanos (CERQUEIRA; FACCHINA, 2005).

Os 17 ODS estão apresentados na Figura 1, sendo os mais relevantes para o tema abordado os objetivos de números 9, 11 e 12, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis e consumo e produção responsáveis.



Figura 1: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável<sup>1</sup>

Com a crescente preocupação com questões ambientais, a construção civil tornou-se o principal tópico de discussão devido a grande quantidade de RCC gerados por esse setor (YEMAL *et al*, 2011). Além da produção de resíduos, as construções consomem recursos naturais, energia e são responsáveis por uma porcentagem significativa das emissões de gases poluentes na atmosfera. Assim, diversos países começaram a modificar e atualizar planos nacionais, adotando melhorias no setor da construção civil para a produção de edificações mais sustentáveis (IEA; UNEP, 2019).

Desse modo, uma das alternativas adotadas para a minimização desses efeitos negativos no meio ambiente foi a reutilização de materiais (CARBONARI; BARTH, 2015). O método construtivo que utiliza módulos estruturais, como contêineres, é uma solução prática e viável para os problemas sustentáveis enfrentados pela construção civil. Apesar da necessidade da produção de módulos em larga escala e do processo de adaptação dos contêineres para utilizá-los como edificações, esse método é viável, pois há o aproveitamento de grande parte deste material descartado, diminuindo os impactos negativos ocasionados ao ambiente (AZEVEDO *et al*, 2016).

<sup>1</sup> Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 21 jul 2020.

No Brasil, existem 37 portos públicos (Figura 2), fator que favorece a prática de reutilização de contêineres (CALDAS *et al*, 2020).

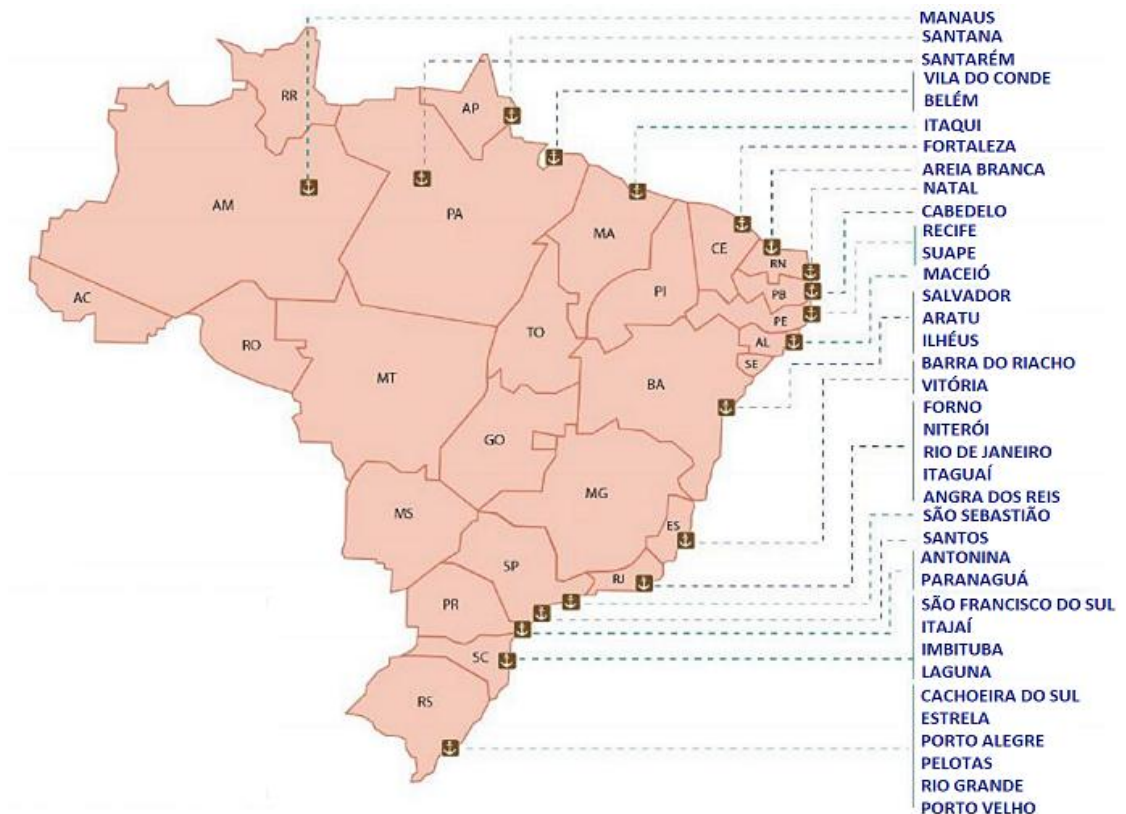


Figura 2: Portos públicos brasileiros  
Fonte: Burlier (2015)

### 1.1.1 O uso de contêiner na construção civil

A atividade mercantil ocorre desde a antiguidade, em que as pessoas buscavam meios de avançar territorialmente e adquirir ou transportar mercadorias de outras nacionalidades. Com o passar do tempo, o processo de transporte utilizado não conseguiu acompanhar o aumento da produção de materiais, assim como o acréscimo de oferta e demanda, tornando-se defasado. Os produtos eram transportados em pequenas quantidades por vez, sem qualquer uniformização de equipamentos e armazenamento de cargas, propiciando muitas vezes a perda de materiais (MALAQUIAS, 2018).

Para acompanhar as mudanças ocasionadas pelo tempo, iniciou-se a utilização de novo meio de carregamento de mercadorias: o uso de contêineres em navios. O contêiner é um componente metálico criado por *Malcom McLean*, proprietário de uma pequena empresa de caminhões em Nova Iorque, em 1937. *Malcom McLean* buscava uma forma ágil e segura para o transporte de produtos, de modo que aumentasse a

quantidade de mercadorias e reduzisse as perdas no transporte (LIMA; SILVA, 2015).

O contêiner torna-se inutilizado para transporte quando é alcançado o fim de sua vida útil, aproximadamente 10 anos. Apesar dos contêineres serem projetados com a intenção da reutilização, grande parte deles é negligenciados devido a quantidade excessiva de contêineres adquiridos em relação à demanda ou por outras razões econômicas (RADWAN, 2015).

Os contêineres são caixas retangulares de grandes dimensões produzidas a partir de materiais metálicos e não biodegradáveis. Devido a sua composição é necessário escolher o destino correto para disposição dessas peças após o término de sua vida útil, pois podem afetar de maneira negativa o meio ambiente e ocupar desnecessariamente o espaço urbano (MILANEZE, 2012).

Inicialmente, os contêineres foram inseridos na construção civil como auxílio em canteiros de obra, responsáveis por armazenamento de materiais ou como depósitos, almoxarifados, banheiros, entre outros. Ao realizar o papel de escritório em canteiros, notou-se que sua funcionalidade poderia ir além do âmbito provisório, originando-se as grandes edificações construídas deste material (MALAQUIAS, 2018).

No Brasil, o sistema construtivo convencional ainda é bastante difundido, entretanto, em outros países como a Inglaterra e a Holanda, esse sistema foi substituído por outros métodos com maior facilidade de execução e rapidez, além de mais sustentável. A construção em contêiner é flexível, oferecendo a possibilidade de ampliá-la mediante a junção de outros contêineres, sendo estabelecidas as etapas de acordo com a condição financeira do cliente (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013). Os tipos de contêineres mais utilizados na construção civil no Brasil são os *dry standard*, de 20 e 40 pés, e *high cube* de 40 pés, assim como o contêiner *reefer* (SANTOS, 2017). Os contêineres *dry* se diferenciam entre si por suas dimensões, sendo que os contêineres de 40 pés possuem maior comprimento que os de 20 pés e o *high cube* tem maior altura em relação aos demais. O contêiner *reefer* se distingue do *dry* por seu sistema de resfriamento embutido. A Figura 3 apresenta uma casa feita com contêineres marítimos do tipo *high cube* 40 pés.



Figura 3: Residência em contêineres<sup>2</sup>

Além da construção de habitações, outra utilidade dos contêineres é a acomodação de emergência, como abrigos temporários a vítimas de desastres naturais ou hospitais de emergência (Figura 4), já que é possível a entrega da estrutura já equipada e com agilidade (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013).



Figura 4: Hospital contêiner<sup>3</sup>

### 1.1.2 Sistema Construtivo em Contêineres

Contêineres vazios são suscetíveis a danos causados por acidentes durante o transporte em navios e por sua má utilização. Desse modo, é imprescindível uma inspeção em todo o contêiner, realizando os reparos necessários antes de inseri-lo na arquitetura e construção civil. O interior do contêiner deve estar completamente limpo, sem nenhum vestígio de resíduos ou odores das cargas transportadas (ALMEIDA;

<sup>2</sup> Disponível em: <https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Edificios/noticia/2020/02/projetos-com-container-10-ideias-surpreendentes.html>. Acesso em: 23 jul 2020.

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.portocontainer.com.br/blog/hospital-construido-em-containers/>. Acesso em: 23 nov. 2020.

NEVES, 2012).

O contêiner é um equipamento flexível, que pode ser adaptado de acordo com as necessidades apresentadas no projeto e pode ser transportado para um local distinto, diferentemente do sistema construtivo convencional. O projeto de uma construção em contêiner deve ser bem especificado, principalmente os locais de cortes e suas dimensões, uma fase importante e realizada por mão de obra especializada. Além disso, deve conter locais que precisam de reforços e instalações hidráulica e elétrica. Usualmente não é necessária preparação do solo antes da construção em contêineres. (ALVES *et al.*, 2019).

Os contêineres são estruturas estáveis, entretanto necessitam de fundações para evitar seu contato direto com o solo, utilizando as fundações rasas, com resistências mais sucintas e mantém grande parte do terreno permeável. Algumas das fundações utilizadas para esse tipo de construção são sapatas isoladas nas extremidades do contêiner, *radier*, vigas baldrame, entre outras (MALAQUIAS, 2018).

As ligações entre contêineres são feitas através de aberturas, parafusos, peças adicionais, soldagem, entre outros métodos, objetivando o aumento da edificação. Para a ligação do contêiner com a fundação, é necessária uma chapa de aço, que será soldada, com parafusos acoplados de ancoragem no concreto fresco, de modo que fixará a estrutura após a secagem (ALVES *et al.*, 2019). A Figura 5, A e B, representam as ligações feitas entre contêiner e fundação e entre contêineres, respectivamente.



Figura 5: A) Ligação entre contêiner e fundação; B) Ligação entre contêineres  
Fonte: Alves et al. (2019)

Assim como no sistema construtivo convencional, deve-se buscar a maior quantidade de ventilação cruzada e iluminação natural ao realizar os cortes e a soldagem do aço para a preparação das esquadrias. Cortes com maiores dimensões devem



considerar a estrutura da edificação para que não haja perda de rigidez e de seu caráter autoportante (MUSSNICH, 2015).

O contêiner *dry* é fabricado em aço corten, uma liga de aço 75% mais resistente do que o aço convencional, o que permite que o contêiner seja exposto a céu aberto sem comprometer sua estrutura. Entretanto, esse tipo de contêiner é um bom condutor de calor e um isolante acústico ruim, necessitando de isolamento adequado, conforme mostrado na Figura 6. Para instalações elétricas e hidráulicas embutidas, o contêiner *dry* é a melhor opção, devido à necessidade de revestimento (ALVES *et al.*, 2019). A fibra de vidro, a lã de rocha, o poliestireno expandido (EPS), o poliestireno extrudado (XPS), a espuma de poliuretano, são alguns dos revestimentos internos mais usados para minimizar esses efeitos. Além disso, há a lã de pet, um isolante comumente utilizado atualmente devido sua natureza sustentável (MUSSNICH, 2015).

Os revestimentos externos mais usados em contêineres para isolamento são os painéis de argamassa armada, chapas laminadas, painéis fenólicos, entre outros (CARBONARI; BARTH, 2015).

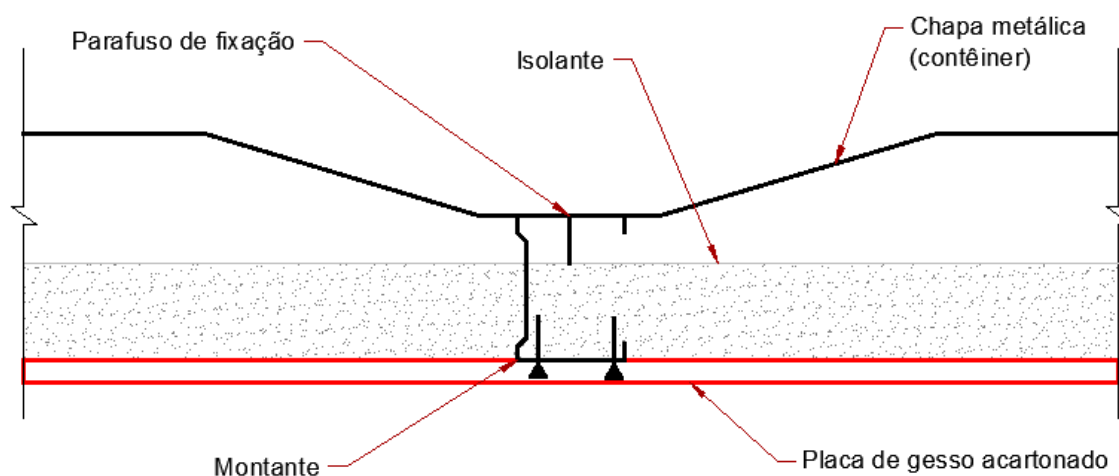


Figura 6: Detalhamento do revestimento em contêiner dry  
Fonte: A autora

O contêiner *reefer*, por outro lado, é produzido por uma chapa externa de alumínio ou aço não ferroso, uma chapa interna de aço inox e um isolamento de poliuretano de 10 cm entre as chapas. Desse modo, esse contêiner possui um bom isolamento térmico e acústico naturais, não havendo necessidade de revestimento, e são ideais para instalações elétricas e hidráulicas aparentes (ALVES *et al.*, 2019).

Para evitar o surgimento de corrosões e oxidação, ou minimizar aquelas já existentes, deve-se lixar todo o contêiner interna e externamente, utilizando uma



lixadeira angular. A limpeza dos contêineres é essencial para a remoção de resíduos das cargas transportadas, principalmente óleos e graxas. A limpeza é feita com o uso de uma lavadora de alta pressão com água quente e detergente neutro biodegradável. Após a limpeza, é necessária a aplicação de um material anticorrosivo dentro e fora do contêiner e, por fim, a pintura com tinta para metal (ALVES *et al.*, 2019).

A Tabela 1 apresenta, resumidamente, as vantagens e desvantagens, representadas pelos símbolos ✓ e ✗, respectivamente, do sistema construtivo em contêiner em relação ao sistema construtivo convencional.

Tabela 1: Comparação dos sistemas construtivos convencional e em contêineres dry e reefer

Item	Descrição	Contêiner		Convencional
		Dry	Reefer	
Fundação	A fundação para o sistema construtivo em contêineres é mais simples se comparada com a do sistema convencional, gerando maior economia.	✓	✓	✗
Tempo de execução	Os contêineres são peças prontas que necessitam apenas de adaptação.	✓	✓	✗
Instalações elétricas e hidráulicas	As instalações elétricas e hidráulicas no contêiner são mais simplificadas, não sendo necessário recortes para embuti-las.	✓	✓	✗
Conforto térmico e acústico	O contêiner <i>dry</i> exige bom isolamento, pois é composto de aço corten que apresenta ótima condução térmica (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013). Já o contêiner <i>reefer</i> possui composição que proporciona isolamento térmico e acústico de fábrica (ALVES <i>et al.</i> , 2019).	✗	✓	✓
Ciclo de vida	O contêiner é suscetível à corrosão e à oxidação, o que torna seu ciclo de vida menor que o convencional.	✗	✗	✓
Geração de resíduos	O sistema construtivo em contêineres produz poucos			

	resíduos de construção e não utiliza recursos naturais, ao contrário do sistema construtivo convencional.	✓	✓	✗
Custo	O custo final da construção em contêiner é aproximadamente 20% a 40% menor que o custo da vedação convencional (BARBOSA <i>et al</i> , 2017).	✓	✓	✗
Mão de obra	Apesar de necessitar de mão de obra especializada, a construção em contêineres exige menos mão de obra que a convencional.	✓	✓	✗
Propagação ao fogo	O aquecimento dos metais faz com que sua resistência e rigidez diminuam (VARGAS; SILVA, 2005).	✗	✗	✓

Dessa forma, o artigo que será apresentado verificará essas afirmações mediante a análise das quatro variáveis: propriedades de isolamento acústico, conforto térmico, capacidade de propagação ao fogo e custo do ciclo de vida, aplicadas ao projeto do Hospital de Campanha de Rio Verde, adaptado aos três sistemas construtivos, convencional e contêineres *dry* e *reefer*.

## 2 OBJETIVOS

### GERAL

Analisar a viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha, contemplando as variáveis de propriedades de isolamento acústico, conforto térmico, capacidade de propagação ao fogo e custo do ciclo de vida.

### ESPECÍFICOS

- Analisar os custos das edificações de contêineres;
- Comparar diferentes sistemas construtivos;
- Identificar o tipo de contêiner mais viável para hospitais de campanha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M.; & GOLDEMBERG, J. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Vol 5. São Paulo: Blucher, 2011.

ALMEIDA, R. F. de; NEVES, J. O. **Contêiner: Logística, tipos, consertos e avarias, lavagem, manuseio, identificação e decodificação, agendamento e negociação**. In: IX Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP. Guarujá, 2012.

ALVES, J. V. P.; FERREIRA, R. D. S.; CAVALCANTE, R. P. Contêineres: uma nova alternativa para a construção civil. Estudo direcionado para projetos residenciais. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 46, p. 19, 2019.

AZEVEDO, V. S.; COSTA, R. A.; ROCHA, R. C. **Edificações sustentáveis compostas por sistemas construtivos modulares em aço – utilização de contêineres para construção de polos educacionais universitários**. In: Construmetal 2016 – Congresso Latino-americano da Construção Metálica. São Paulo, 2016.

BARBOSA, G. O.; GALDINO, L. R. N.; SOUZA, L. B. de; RODRIGUES, L. M. S.; ARAÚJO, M. E. C.; GONZAGA, G. B. M. Contêiner na construção civil: rapidez, eficiência e sustentabilidade na execução da obra. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 4, n. 2, p. 101-110. Alagoas, 2017.

BRASIL, M. DO M. A. Caderno de debate Agenda 21 e sustentabilidade. **Caderno de Debate Agenda 21 e Sustentabilidade**, v. 9, p. 01–23, 2006.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford University, Oxford University Press, 1987.

BURLIER, O. **Gestão de fluxos portuários**. In: Workshop Observatório Logístico de Transporte, 2015.

CALDAS, L. R.; ABREU-HARBICH, L. V. DE; HORA, K. E. R. Avaliação ambiental de alternativas construtivas de um edifício contêiner. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. e020008, 29 jun. 2020.

CARBONARI, L. T.; BARTH, F. 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.

CERQUEIRA, F.; FACCHINA, M. A Agenda 21 e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: As Oportunidades para o Nível Local. p. 10, 2005.

FOSSOUX, E.; CHEVRIOT, S. **Construire sa maison container**. 2. ed. Paris: Eyrolles, 2013.

Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme. **Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**: Global status report for buildings and construction 2019. UNEP, 2019. p.41.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<https://gtagenda2030.org.br/ods/>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

LIMA, Luiz; SILVA, José. **A substituição de casas populares de alvenaria, feitas pelo governo federal por casas contêineres: uma medida possível**. Janus, n.21, p.61-75, jan.- jun. 2015.

MALAQUIAS, J. L. F. **Contêineres na construção civil: uma alternativa viável para habitações frente ao método convencional**. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação). UFPB: Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MILANEZE, G. L. S.; BIELSHOWSKY, B. B.; BITTENCOURT, L. F.; SILVA, R. da; MACHADO, L. T.. **A utilização de contêineres como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC**. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE – SICT- Sul, 1º, 2012. Santa Catarina (IFSC) 2012, p. 615-624.

MUSSNICH, L. B. Retrofit em containers marítimos para reuso na arquitetura e sua viabilidade. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, Vol. 01/ 2015 - Edição nº 10, dez. 2015.

OLIVEIRA, J. Projetos com container: 10 ideias surpreendentes. **Casa Vogue**, 2020. Disponível em: <<https://casavogue.globo.com/Arquitetura/Edificios/noticia/2020/02/projetos-com-container-10-ideias-surpreendentes.html>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

PORTO CONTAINER. Disponível em: <<https://www.portocontainer.com.br/blog/hospital-construido-em-containers/>>. Acesso em: 23 nov. 2020.

RADWAN, A. H. **Containers architecture reusing shipping container in creating architectural spaces**. In: International Conference on Architecture, Civil and Environment Engineering (ICACEE 2015)), Kuala Lumpur, Malásia, 25 – 26 dez, 2015.

SANTOS, C. N. **Construção modular: utilização de contêineres como ambiente construído**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Instituto Brasileiro de Ciderurgia/ Centro brasileiro da construção em aço. Rio de Janeiro, 2005

YEMAL, J. A.; TEIXERA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na construção civil**. In: 3º Workshop Internacional sobre Avanços em Produção mais Limpa. São Paulo, 2011.

### 3 CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção)

## **VIABILIDADE DO USO DE CONTÊINERES PARA HOSPITAIS DE CAMPANHA EM GOIÁS**

### *FEASIBILITY OF USING CONTAINERS FOR CAMPAIGN HOSPITALS IN GOIAS*

#### **Resumo**

O sistema construtivo mais difundido no Brasil é o convencional, constituído por vedação de tijolos cerâmicos e estrutura de concreto armado. O avanço tecnológico induz a busca por novos métodos construtivos que visa a eficiência e superar as desvantagens do sistema convencional, como o tempo prolongado de execução e a grande quantidade de resíduos de construção civil gerados. O sistema construtivo modular é uma boa alternativa para situações emergenciais, devido sua ágil execução, facilidade de transporte e adaptação. Desse modo este artigo objetivou analisar essa hipótese de viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha. Para tanto, utilizou-se o projeto do Hospital de Campanha de Rio Verde e adaptou-o aos três sistemas construtivos: convencional e contêineres dry e reefer para avaliar as propriedades de isolamento acústico, conforto térmico, capacidade de propagação ao fogo e custo do ciclo de vida. Para a análise das características mencionadas realizou-se simulações, com o auxílio de softwares específicos. Comparou-se os dados obtidos e comprovou que os contêineres é o sistema construtivo mais viável economicamente, para situações emergenciais, devido sua rapidez de execução e economia de materiais, enquanto o contêiner dry apresentou-se mais vantajoso por possuir menor custo, ser encontrado facilmente e, ao ser adaptado corretamente, demonstrou bom conforto térmico e acústico. Já o sistema construtivo convencional possui maior ciclo de vida, por não sofrer processo de corrosão.

**Palavras chave:** pandemia, construção civil, sustentabilidade, dry, reefer.

#### **Abstract**

The most widespread construction system in Brazil is the conventional one, consisting of ceramic brick fencing and reinforced concrete structure. Technological advances induce the search for new construction methods aimed at efficiency and overcoming the disadvantages of the conventional system, such as the prolonged execution time and the large amount of generated construction waste generated. The modular construction system is a good alternative for emergency situations, due to its agile execution, ease of transport and adaptation. Thus, this article aimed to analyze this hypothesis of the feasibility of using containers for campaign hospitals. To this end, the Rio Verde Campaign Hospital project was used and adapted to the three construction systems: conventional and dry and reefer containers to evaluate the properties of acoustic insulation, thermal comfort, fire propagation capacity and life cycle cost. For the analysis of the mentioned characteristics, simulations were performed, with the aid of specific software. The data obtained were compared and proved that the containers are the most economically viable construction system, for emergency situations, due to their speed of execution and economy of materials, while the dry container was more advantageous because of its lower cost, to be found easily and, when properly adapted, it presented good thermal and acoustic comfort. The conventional construction system has a longer life cycle, as it does not undergo a corrosion process.

**Keywords:** pandemic, civil construction, sustainability, dry, reefer

## **Introdução**

O setor da construção civil está em constante evolução para adaptar-se ao avanço tecnológico. Os grandes blocos de pedras utilizados em monumentos históricos, como as pirâmides egípcias, foram substituídos por técnicas mais práticas, rápidas e eficientes. Assim, desenvolveu-se o sistema construtivo convencional, constituído por blocos cerâmicos e concreto armado, tornando-se o mais difundido no Brasil. Esse sistema construtivo, denominado de convencional, proporciona resistência e durabilidade à obra, entretanto, consome muitos recursos naturais, produz grande quantidade de resíduos de construção civil (RCC) e ocasiona riscos biológicos, químicos e ambientais. Para minimizar esses efeitos, uma alternativa que vem sendo adotada é o uso de material reutilizado, como os contêineres nas edificações (CARBONARI; BARTH, 2015).

A utilização de contêineres vem ampliando-se gradativamente no Brasil e proporciona a ideia da construção limpa. A grande disponibilidade dos contêineres fez com que atingissem diversos setores com o transporte de mercadorias até atingir o fim de sua vida útil de aproximadamente 10 a 15 anos (VIANA; SOUZA; GOMES, 2019). Quando não estão mais em funcionamento são abandonados e ficam estagnados, ocupando espaço e poluindo o meio ambiente. O uso de contêineres na construção de edifícios provê a reutilização desse material descartado, produzindo uma obra com poucos resíduos e economia de recursos naturais.

Isto posto, esta pesquisa objetivou analisar a viabilidade do uso de contêineres para hospitais de campanha para o Estado de Goiás. Para tanto, utilizou-se o projeto do Hospital de Campanha de Rio Verde para análise dos parâmetros de custo de ciclo de vida, conforto térmico, propriedades acústicas e resistência ao fogo de três sistemas construtivos: convencional e contêineres dry e reefer. Com os dados obtidos fez-se a análise comparativa dessas variáveis para identificar o sistema construtivo mais viável para situações emergenciais e verificar as afirmativas da literatura.

## **Fundamentação**

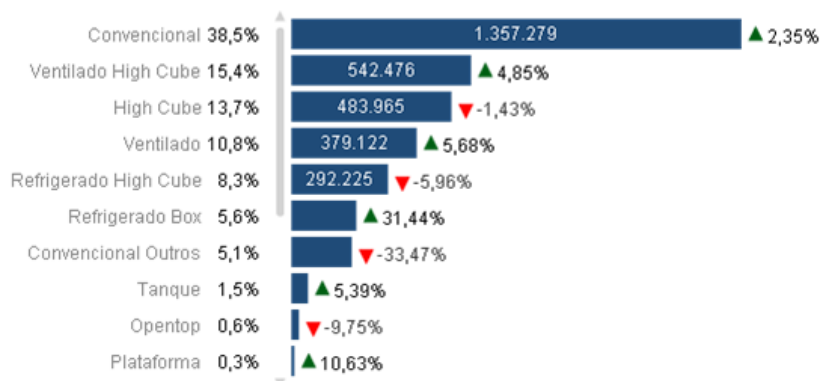
A crescente preocupação com as questões ambientais tornou a construção civil o principal tópico de discussão devido a grande quantidade de RCC gerados por esse setor (YEMAL *et al*, 2011). Além da produção de resíduos, as construções consomem recursos naturais, energia e são responsáveis por uma porcentagem significativa das emissões de gases poluentes na atmosfera. Assim, diversos países começaram a modificar e atualizar planos nacionais, adotando melhorias no setor da construção civil para a produção de edificações mais sustentáveis (IEA; UNEP, 2019).

O método construtivo que utiliza módulos estruturais, como os contêineres, é uma solução prática e viável para os problemas sustentáveis enfrentados pela construção civil, apesar da necessidade da produção de módulos em larga escala e do processo de adaptação dos contêineres (AZEVEDO *et al*, 2016). No Brasil, existem 37 portos públicos, que utilizam contêineres para o transporte de mercadorias, favorecendo a prática de reutilização desse material (CALDAS *et al*, 2020).

Os contêineres são caixas retangulares de grandes dimensões produzidas a partir de materiais metálicos e não biodegradáveis (MILANEZE, 2012). Inicialmente, foram inseridos na construção civil como auxílio em canteiros de obra, responsáveis por armazenamento de materiais ou como depósitos, almoxarifados, banheiros, entre outros. Ao realizar o papel de escritório em canteiros, notou-se que sua funcionalidade poderia ir além do âmbito provisório, originando-se as grandes edificações construídas deste material (MALAQUIAS, 2018).

A construção em contêiner é flexível, oferecendo a possibilidade de ampliá-la mediante a junção de outros contêineres, sendo estabelecidas as etapas de acordo com a condição financeira do cliente. Além da construção de habitações, outra utilidade dos contêineres é a acomodação de emergência, como abrigos temporários à vítimas de desastres naturais ou hospitais de emergência, já que é possível a entrega da estrutura já equipada e com agilidade (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013). Os tipos de contêineres mais utilizados para o transporte de mercadorias no Brasil são os convencionais, os high cube, box, tanque, opentop e o plataforma, conforme dados da ANTAQ (2020) e apresentado pela Figura 1. Na construção civil utiliza-se os contêineres *dry standard*, de 20 e 40 pés, e o *high cube* de 40 pés (SANTOS, 2017).

Figura 1: Tipos de contêineres em unidade (2020)



Fonte: ANTAQ (2020)

O contêiner *dry* (Figura 2), conhecido também como contêiner marítimo, é feito de aço corten que trata-se de uma liga de aço, 75% mais resistente que o aço convencional, permitindo seja exposto a intempéries sem comprometer sua estrutura. Entretanto, esse tipo de material é um bom condutor de calor e um isolante acústico ruim, necessitando de revestimentos internos para minimizar esses efeitos, como fibra de vidro, lã de rocha, poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudado (XPS), espuma de poliuretano e lã de pet. Enquanto a parte externa do contêiner deve ser revestida por painéis de argamassa armada, chapas laminadas, painéis fenólicos, entre outros (CARBONARI; BARTH, 2015).

Figura 2: Contêiner dry



Fonte: Almeida; Neves (2012)

A necessidade desses revestimentos proporciona condições para as instalações elétricas e hidráulicas embutidas (ALVES; FERREIRA; CAVALCANTE, 2019). O contêiner *dry*, fabricado para o transporte de mercadorias não poluentes e não líquidas, é padronizado de acordo com as normas *International Standardization Organization* (ISO) (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013), podendo ser encontrados os tipos *standard* de 20 e



40 pés e o high cube de 40 pés que se diferem por suas características como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Tipos, dimensões e características dos contêineres dry e reefer<sup>4</sup>

Tipo	Comprimento (m)	Altura (m)	Largura (m)	Capacidade cúbica (m)	Capacidade máxima (kg)
Standard 20 pés	5,90*/6,06**	2,39*/2,59**	2,35*/2,44**	33,2	24.000
Standard 40 pés	12,03*/12,19**	2,39*/2,59**	2,35*/2,44**	67,7	26.930
High Cube 40 pés	12,03*/12,19**	2,70*/2,90**	2,35*/2,44**	76	26.330
Reefer 20 pés	5,44*/6,06**	2,28*/2,59**	2,29*/2,44*	28,4	22.360
Reefer 40 pés	11,56*/12,19**	2,25*/2,59**	2,27*/2,44**	59,3	26.000

\*Dimensões internas

\*\*Dimensões externas

O contêiner reefer (Figura 3) é produzido por chapa externa de alumínio ou aço não ferroso, chapa interna de aço inox e isolamento de poliuretano de 10 cm entre as chapas. Desse modo, esse contêiner possui um bom isolamento térmico e acústico, sendo ideal para construções em regiões de climas quentes, além de não necessitar de revestimentos, o que favorece as instalações elétricas e hidráulicas aparentes (ALVES; FERREIRA; CAVALCANTE, 2019). As dimensões dos contêineres reefer são mostradas na Tabela 1.

Figura 3: Contêiner reefer



Fonte: Almeida; Neves (2012)

### Conforto térmico

O desempenho do isolamento térmico dos materiais homogêneos ou combinados é avaliado mediante o fluxo de calor, em estado estacionário, que passa através de uma área unitária de um material homogêneo, no caso da condutividade térmica ( $\lambda$ ), e de uma área de superfície da unidade induzida devido a diferença de temperatura em cada lado do elemento construtivo, para transmitância térmica (U). Para materiais heterogêneos não é possível realizar o cálculo adequadamente apenas a partir das propriedades dos materiais (CUITIÑO *et al.*, 2015).

Para determinar o conforto térmico eficiente de uma edificação é imprescindível o uso de programas de simulação numérica, sendo necessário o conhecimento de alguns elementos como: informações climáticas e geográficas, as condições de ocupação, a caracterização da edificação e de seus fechamentos e as interações térmicas entre o

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-container/>. Acesso em: 24 nov. 2020.

ambiente construído e o ambiente externo, além da orientação geográfica e o período do ano, que afetam a radiação solar incidente (VIANA; SOUZA; GOMES, 2019).

### *Propriedades acústicas*

As propriedades acústicas estão relacionadas com a capacidade de isolamento dos materiais, principalmente os densos como o chumbo, concreto, etc., ou de condicionamento ou absorção do som por materiais com menor densidade, fibrosos ou de poros abertos como espumas, fibras cerâmicas e de vidro, tecidos e carpetes (LIBRELOTTO *et al.*, 2017). A capacidade dos elementos construtivos, como parede, telhado e janela, de impedir a passagem do som é definido pelo índice de redução do ruído que quanto maior o seu valor, maior o isolamento acústico da estrutura (ASDRUBALI; D’ALESSANDRO; SCHIAVONI, 2015).

### *Custo de ciclo de vida*

A análise do custo do ciclo de vida é o parâmetro que avalia o desempenho econômico da edificação no decorrer de sua vida, equilibrando o investimento monetário inicial com os gastos a longo prazo (STANFORD UNIVERSITY, 2005). A análise do ciclo de vida tem sido muito utilizada para avaliação ambiental, auxiliando pesquisadores a adotar estratégias relacionadas ao meio ambiente. Esse método quantifica os custos de edifícios completos, considerando os componentes e materiais usados. É mais útil quando se compara projetos alternativos que satisfazem os mesmos requisitos de desempenho para selecionar aquele que mais gera economia líquida (ATMACA; ATMACA, 2016).

### *Resistência ao fogo*

Os elementos estruturais e de compartimentação das edificações devem atender algumas condições para que não ocorra o colapso estrutural em uma situação de incêndio. Esses elementos necessitam atender requisitos de estanqueidade e isolamento por tempo suficiente para permitir a fuga dos ocupantes da edificação em segurança, minimização de danos a edificações adjacentes e segurança ao combater o incêndio, de acordo com a norma NBR 14432 (ABNT, 2000).

## **Material e Métodos**

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se o projeto do Hospital de Campanha de Rio Verde – GO e adaptou-o aos três sistemas construtivos: convencional e contêineres dry e reefer para subsidiar a análise de parâmetros construtivos como custo de ciclo de vida, conforto térmico, propriedades acústicas e resistência ao fogo. Para isso, foram utilizados softwares e normas específicas para obter os dados e compará-los entre si para verificar o sistema construtivo mais viável para situações emergenciais.

### *Objeto de estudo*

O projeto do Hospital de Campanha de Rio Verde – GO, planejado pela arquiteta Francielly Vieira Nascimento, foi adaptado e utilizado como objeto de estudo. O hospital é ambientado por sala de emergência, farmácia, sala de descanso, refeitório, copa, vestiários, sanitários e depósito de material de limpeza (DML). Ainda conta com 80 leitos em área comum e área trio A, B, C e D, cada uma com 5 leitos, contabilizando 100 leitos no total. A organização e distribuição dos ambientes estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4: Planta baixa do hospital estudado



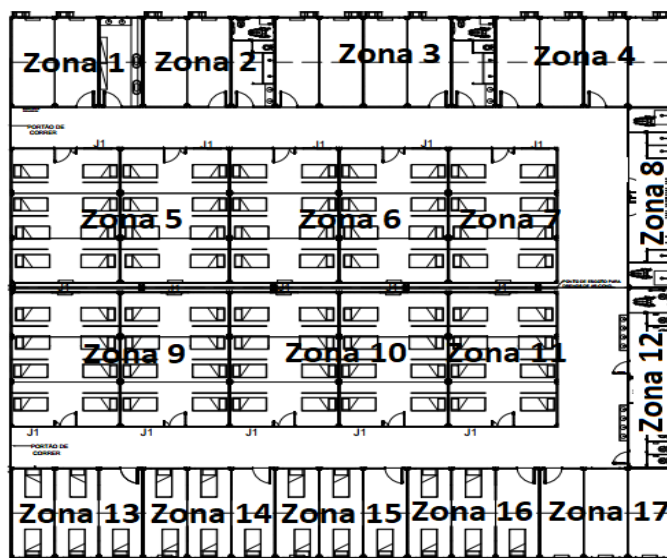
Fonte: Adaptado de Nascimento (2020)

O projeto foi adaptado para três sistemas construtivos, a saber: convencional, constituído por vedação de alvenaria e estrutura de concreto armado, e contêineres *dry* e *reefer*, de 20 pés. Todos os três modelos foram analisados para a edificação implantada no Estado de Goiás, visto que a localidade influencia nas variáveis de conforto térmico, acústico e custo.

### Simulação do conforto térmico

O conforto térmico do Hospital de Campanha foi avaliado mediante o software SketchUp que dividiu os ambientes, representados na planta baixa do hospital em zonas térmicas (Figura 5) para a realização da simulação através do software Energyplus. Para tanto, utilizou-se os dados bioclimáticos da cidade de Goiânia – GO por intermédio do arquivo obtido no site do próprio EnergyPlus.

Figura 5: Zonas térmicas do hospital de campanha



Fonte: Adaptado de Nascimento (2020)

Os materiais construtivos possuem propriedades térmicas que os classificam como isolantes ou condutores de calor, como condutividade térmica, absorvância para radiação solar, emissividade, etc. Através dessas características comparou-se os três sistemas construtivos estudados, mediante o prescrito na norma NBR 15220 (ABNT, 2003).

#### *Avaliação das propriedades acústicas*

O isolamento acústico das edificações dos três sistemas construtivos foi avaliado de acordo com o prescrito nas normas NBR 10151 (ABNT, 2000), que analisa o ruído em áreas habitadas, e a NBR 10152 (ABNT, 2000), que proporciona os níveis de ruído adequados para o conforto acústico dos ambientes e apresenta os ideais para hospitais

O método de avaliação do ruído consiste, que segundo a NBR 10151 (ABNT, 2000), na comparação entre o nível de pressão sonora corrigido ( $L_c$ ) e o nível de critério de avaliação (NCA) para os períodos diurno e noturno de ambientes externos. Para ambientes internos, admite-se a correção de  $-10$  dB (A) para janela aberta e  $-15$  dB (A) para janela fechada. O nível de pressão sonora corrigido  $L_c$  dependerá do tipo de ruído emitido e do valor do nível de pressão sonora equivalente:

- O nível corrigido  $L_c$  para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente,  $L_{Aeq}$  (Tabela 2).
- O nível corrigido  $L_c$  para ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (fast), acrescido de 5 dB(A).
- O nível corrigido  $L_c$  para ruído com componentes tonais é determinado pelo  $L_{Aeq}$  (Tabela 2) acrescido de 5 dB(A).
- O nível corrigido  $L_c$  para ruído que apresente simultaneamente características impulsivas e componentes tonais deve ser determinado aplicando-se os procedimentos descritos na norma NBR 10151 (ABNT, 2000), tomando-se como resultado o maior valor.

**Tabela 2: Níveis de pressão sonora equivalente  $L_{Aeq}$  para cada classe de ruído**

Classe de ruído	Localização da habitação	Nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ )
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	Até 60 dBA
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	60 a 65 dBA
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação	65 a 70 dBA

Fonte: Carneiro; Oliveira (2020)

Determinou-se que o hospital de campanha será inserido no ambiente urbano, com ruídos sem caráter impulsivo e sem componentes tonais. Desse modo,  $L_c$  se iguala ao nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ).

O valor de  $L_{Aeq}$  depende da localização da construção e das fontes de ruídos apresentados ao redor. O hospital de campanha será instalado na cidade, logo está sujeito a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.

As propriedades sonoras dos materiais construtivos foram utilizadas para determinar o sistema construtivo que proporciona maior conforto acústico, como o coeficiente de absorção sonora (Tabela 3) e impedância acústica (Tabela 4).

Tabela 3: Coeficiente de absorção sonora dos materiais<sup>5</sup>

Materiais	Frequências (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Gesso acartonado	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Espuma de poliuretano rígida (50 mm de espessura)	0,20	0,40	0,65	0,55	0,70	0,70
Lã de vidro 25 mm, 16 kg/m <sup>3</sup>	0,12	0,28	0,55	0,71	0,74	0,83
Alvenaria padrão	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05

Tabela 4: Propriedades sonoras dos materiais<sup>6</sup>

Material	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Impedância acústica (g/cm <sup>2</sup> .s) x 10 <sup>5</sup>
Tijolo	3,6	15,30
Aço	7,84	45,94
Alumínio	2,7	17,10

#### *Avaliação da resistência ao fogo*

A resistência ao fogo de uma edificação considera os materiais que a constitui e o tempo que resistem ao incêndio. O Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) para o hospital e o tempo de resistência ao fogo dos elementos construtivos foram obtidos mediante a Tabela A do anexo A, assim como os anexos B e C, da norma técnica NT-08 (CBMGO, 2014). Baseando-se no tempo de resistência ao incêndio dos materiais de construção, apresentados também na Tabela 4 da NBR 9077 (ABNT, 2001), comparou-se os três sistemas construtivos.

As medidas de proteção contra incêndio necessárias foram determinadas de acordo com o prescrito no anexo A da NT-01 (CBMGO, 2020), assim como as características da edificação analisada, enquanto a Tabela A.1 do Anexo A da NT-14 (CBMGO, 2020), apresentou as cargas de incêndio específica ( $q_{fi}$ ), considerando o tipo de ocupação. As condições adequadas de saídas de emergência foram orientadas pela norma NBR 9077 (ABNT, 2001).

#### *Análise de custo do ciclo de vida*

O custo de ciclo de vida é composto pela fase inicial de uma obra até o fim de sua vida, incluindo serviços de operação e manutenção. Esse parâmetro foi analisado por meio dos métodos dos autores Milaneze (2012), Atmaca e Atmaca (2016) e Braga et al. (2019), além de informações de fornecedores do Estado de Goiás.

#### **Resultados e Discussões**

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos das avaliações e medições realizadas, além de discussões e observações feitas em relação aos parâmetros citados no decorrer deste artigo.

#### *Conforto térmico*

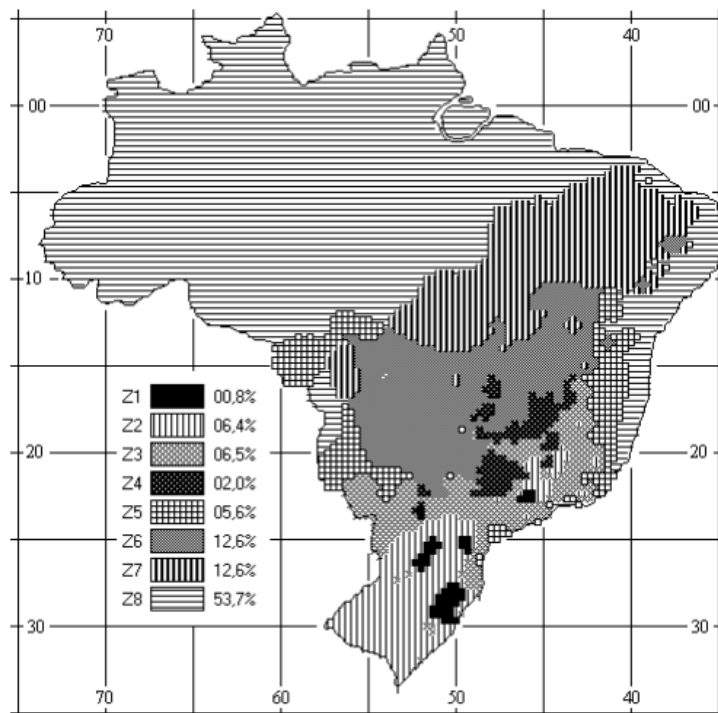
Ao realizar a simulação térmica de uma edificação, é importante conhecer os dados climáticos da região em que será instalada, para assim proporcionar conforto térmico mais adequado para os usuários. Para isso, as cidades são caracterizadas de acordo com suas zonas bioclimáticas, como mostra a Figura 6. Goiânia, cidade utilizada como referência para o Estado de Goiás, está localizada na zona bioclimática 6, com

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2426540>>. Acesso em: 21 out 2020.

<sup>6</sup> Disponível em: <[https://www.nde-ed.org/GeneralResources/MaterialProperties/UT/ut\\_matlprop\\_index.htm](https://www.nde-ed.org/GeneralResources/MaterialProperties/UT/ut_matlprop_index.htm)>. Acesso em: 03 nov 2020.

características de clima quente e seco.

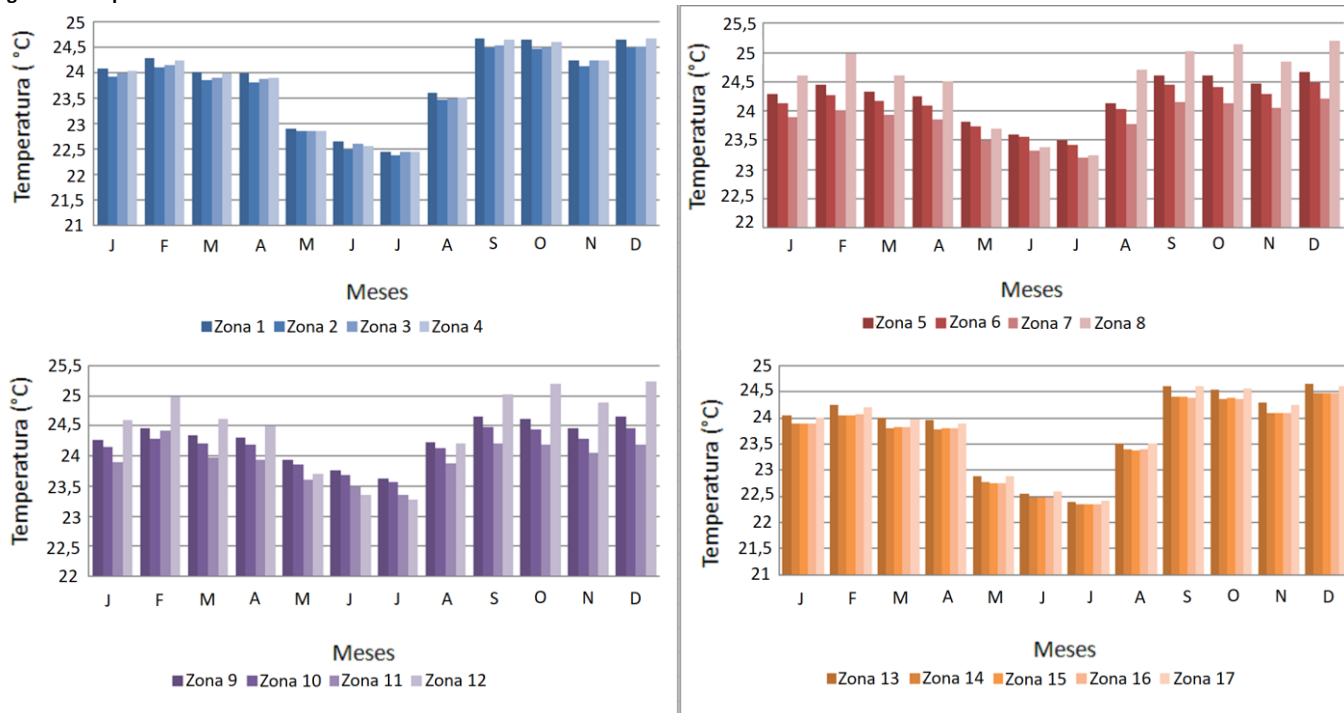
Figura 6: Zonas bioclimáticas do Brasil



Fonte: ABNT (2003)

A simulação térmica proporcionou as temperaturas em cada zona térmica durante o período de um ano, iniciando no primeiro dia de janeiro, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7: Temperaturas mensais em cada zona térmica



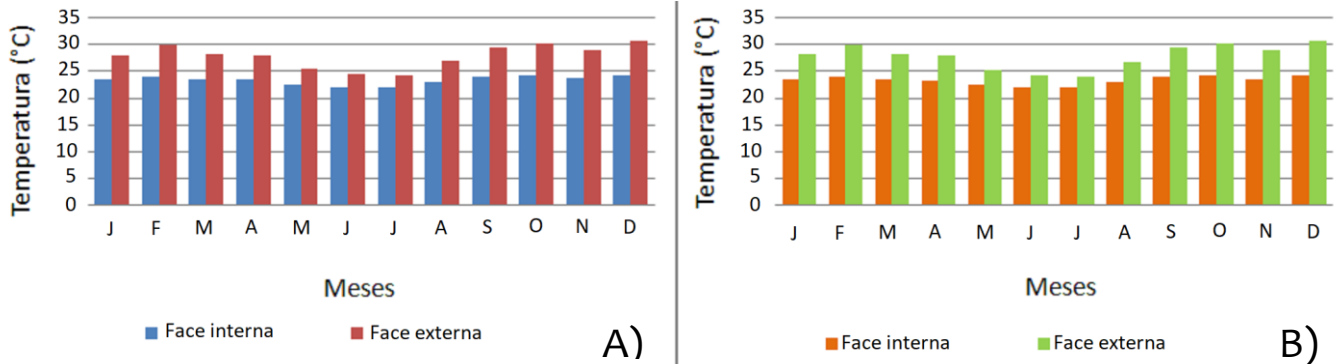
Fonte: A autora

Nota-se que houveram variações das temperaturas tanto de acordo com posição das zonas térmicas quanto pelos meses. As variações mensais das temperaturas,

distinguindo meses de inverno e verão, resultam da influência de fluxos de massas de ar e da recepção da radiação solar, que pode variar segundo o local de referência. Quando a velocidade dos fluxos de ar é baixa, a temperatura aumenta e advém de ganhos térmicos do local, e quando essa velocidade aumenta, a temperatura se torna menor (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Notou-se que as paredes eram as superfícies que mais sofriam com ações térmicas, ao contrário de pisos, e foram avaliadas as temperaturas internas e externas da superfície que sofria maior influência das ondas de calor das zonas mais críticas. Os elementos posicionados ao norte e oeste, como as zonas térmicas 8 e 12, que foram analisadas através da simulação (Figura 8), foram os que mais sofreram com as ondas de calor, alcançando altas temperaturas, ao contrário dos elementos ao sul e leste. Isso ocorre devido à rotação solar, ambientes localizados na direção leste, onde o sol nasce, recebem apenas a radiação solar da manhã, de menor intensidade, enquanto os ambientes a oeste e norte são atingidos em momentos de pico, onde a temperatura está mais elevada.

Figura 8: Temperaturas internas e externas da superfície mais crítica; A) zona térmica 8; B) zona térmica 12.



Fonte: A autora

Quando há diferença de temperatura entre a superfície interna e a externa, a troca de calor ocorre por fechamento opaco, de modo que o sentido do fluxo será da superfície mais quente para a mais fria. Alguns materiais, como a lã de vidro, são muito porosos e o ar contido nesses poros possuem baixa condutividade térmica ( $\lambda$ ), o que os tornam materiais isolantes que reduzem a transferência de calor entre as superfícies (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Assim, é possível perceber a importância de utilizar bons materiais construtivos e que consigam proporcionar conforto térmico para a edificação. As propriedades térmicas dos materiais foram analisadas de acordo com a Tabela B.2 e a Tabela B.3 da norma NBR 15220 (ABNT, 2003). Os metais possuem baixas absorptância ( $\alpha$ ) e emissividade ( $\epsilon$ ) para radiação solar, ou seja, não absorvem e nem emitem o calor direcionados a eles, apenas tendem a refletir, ao contrário do concreto e tijolo aparentes. Foram encontrados  $\alpha = \epsilon = 0,05$  para a chapa de alumínio nova,  $\alpha = \epsilon = 0,25$  para a chapa de aço nova,  $\alpha = 0,65/0,80$  e  $\epsilon = 0,85/0,95$  para o concreto e tijolo aparentes.

Ao avaliar a condutividade térmica ( $\lambda$ ), os metais são melhores condutores de calor se comparados ao concreto e ao tijolo. Pode-se perceber que os metais em si, como o aço ( $\lambda = 55$ ) do contêiner *dry* e o alumínio ( $\lambda = 230$ ) do contêiner *reefer*, possuem uma alta condutividade térmica e, portanto, um baixo conforto térmico, diferentemente do sistema construtivo convencional feito de alvenaria composta por tijolos ( $\lambda = 0,90$ ) e concreto ( $\lambda = 1,75$ ). Vendo por esse aspecto, o sistema convencional possui uma vantagem em relação aos contêineres.

Entretanto, esses metais adaptados com materiais isolantes, como o revestimento de

lã de vidro ( $\lambda = 0,045$ ) e a placa de gesso acartonado ( $\lambda = 0,35$ ) em contêineres *dry* e a aplicação da espuma de poliuretano ( $\lambda = 0,030$ ) na composição do contêiner *reefer*, torna a utilização de contêineres em edificações uma alternativa viável.

### Propriedades acústicas

Para a obtenção o nível de ruído limite permitido no hospital, comparou-se os valores da obtidos (Tabela 5) e os dados apresentados na Tabela 1 da NBR 10152 (ABNT, 2000), encontrando a faixa de 35 a 55 dBA, onde níveis maiores podem causar desconforto.

Tabela 5: Níveis de ruído obtidos para o hospital de campanha

Lc = LAeq (dBA)	NCA externo (dBA)		NCA interno (janela aberta) (dBA)		NCA interno (janela fechada) (dBA)	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
65 a 70	50	45	40	35	35	30

Fonte: A autora

Materiais menos densos possuem maior capacidade de absorção sonora em relação a materiais com maior densidade. A espuma de poliuretano rígida, com coeficiente de absorção sonora de 0,70, e a lã de vidro, que possui o coeficiente de absorção igual a 0,83, se mostraram mais eficientes do que a alvenaria padrão e o gesso acartonado, ambos com coeficiente de absorção acústica de 0,05.

Outra propriedade acústica dos elementos construtivos é a impedância acústica, característica do material em que ele resiste a passagem do som. Os metais possuem maior impedância sonora, com um valor de  $17,10 \times 10^5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$  para o alumínio e  $45,94 \times 10^5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$  para o aço, se comparados com os tijolos que compõem a vedação do sistema construtivo convencional, que possuem impedância igual a  $15,30 \times 10^5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{s}$ . Materiais pesados como pedras e metais tendem a refletir a maior parte do som que os atingem (IJATUYI, 2007). Assim, necessitam de adaptações para adquirirem boas propriedades acústicas.

É importante compreender a diferença de dois fenômenos relacionados às propriedades químicas: a absorção sonora e o isolamento acústico. A absorção sonora está relacionada com a porcentagem que efetivamente desaparece quando uma onda sonora atinge uma superfície. Essa absorção é avaliada de acordo com o tempo de reverberação no ambiente e são utilizados coeficientes de absorção sonora dos materiais para estimar esse tempo. Materiais mais leves possuem uma melhor absorção sonora. O isolamento acústico é a perda da potência sonora quando o som atravessa uma partição, como paredes, por exemplo, deixando o ambiente livre de ruídos. São utilizados materiais mais pesados para fazer o isolamento acústico de uma edificação (IJATUYI, 2007).

### Resistência ao fogo

De acordo com o Anexo A da NT-14 (CBMGO,2020), para Hospital de Campanha pertencente ao item “Serviços de saúde e institucionais”, com classificação H-3, determina-se uma carga de incêndio igual a  $300 \text{ MJ/m}^2$ , com baixo risco de incêndio. A título de informação, como medida preventiva contra incêndio e pânico prescrita pelo Anexo A da NT-01 (CBMGO, 2020) o hospital de campanha deve conter acesso de viatura, segurança estrutural, compartimentação horizontal, controle de materiais de acabamento, saídas de emergência, iluminação de emergência, detecção de incêndio, sinalização de emergência, extintores, hidrante e mangotinhos, central de gás, brigada, sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e hidrante urbano.



De acordo com a NT-08 (CBMGO, 2014), o TRRF dos elementos constituintes do Hospital de Campanha é de 30 minutos, por ser uma edificação térrea e considerando a altura  $h \leq 6\text{m}$ . A classificação da edificação quanto às dimensões da planta analisada é Q, por se tratar de uma construção de um único pavimento com área  $S_p \geq 750\text{ m}^2$ , e quanto às características construtivas dos sistemas em contêineres e convencional são X e Z, respectivamente. A edificação deve apresentar duas saídas de emergência e alarme de detector de fumaça.

Os três sistemas foram comparadas mediante as propriedades dos elementos construtivos. Considerou-se uma construção de alvenaria, placas de drywall de 12,5 cm para revestimento do contêiner e o metal que o constitui. Estruturas metálicas são classificadas como fácil propagação do fogo, enquanto as construções de concreto armado dificultam sua propagação, de acordo com as características construtivas contidas na Tabela 4 da NBR 9077 (ABNT, 2001).

À partir dos anexos da NT-08 (CBMGO, 2014), constatou-se que a resistência ao fogo da alvenaria, com tempo mínimo de uma hora e 30 minutos, independente do tipo de tijolo e revestimento utilizados, é superior à resistência da placa de gesso acartonado com a espessura adotada, que suporta apenas 60 minutos. Ademais, os metais submetidos a altas temperaturas sofrem diminuição de resistência e rigidez, necessitando de medidas de proteção adequadas (VARGAS; SILVA, 2005).

Portanto, o sistema construtivo convencional apresenta maior segurança aos usuários em condições de incêndio.

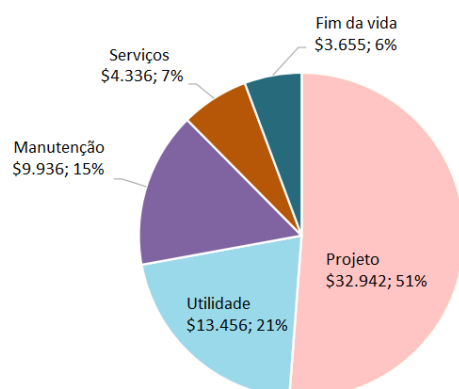
#### *Custo do ciclo de vida*

Foi realizada a análise do custo do ciclo de vida entre os sistemas construtivos convencional e em contêineres.

Milaneze (2012) avaliou a viabilidade do uso de contêineres em construção residencial no município de Criciúma – SC através do método de pesquisa de mercado, comparando os custos entre uma edificação com área de  $25\text{ m}^2$  em alvenaria padrão e um contêiner de  $25\text{ m}^2$  adaptado para moradia. Foi obtido resultado satisfatório para o uso de contêiner, sendo gasto R\$ 26.034,85 no sistema construtivo convencional e R\$ 23.806,00 no contêiner, gerando uma economia de aproximadamente 8,5%.

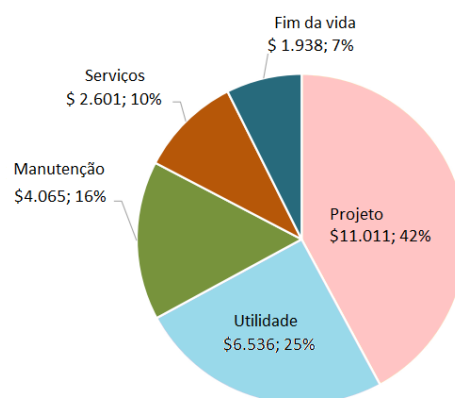
Atmaca e Atmaca (2016) utilizou o método de cálculo para comparar o custo do ciclo de vida entre uma edificação pré-fabricada e em contêiner. Os autores analisaram cada etapa referente ao ciclo de vida, desde a concepção da construção até o fim de sua vida, assim como o ciclo de energia consumida pelos materiais, fator que irá influenciar nessas fases. Considerando um tempo de vida de 15 anos para a edificação, o total do custo de ciclo de vida foi calculado e obteve-se \$64.325,00 dólares para a construção pré-fabricada e \$ 26.151,00 dólares para a construção em contêiner, economia de aproximadamente 60%. Os custos e as porcentagens das etapas construtivas relevantes no ciclo de vida de cada sistema construtivo estão mostrados na Figura 9 e na Figura 10.

Figura 9: Custo do ciclo de vida da edificação pré-fabricada



Fonte: Adaptado de Atmaca; Atmaca (2016)

Figura 10: Custo do ciclo de vida da edificação em contêiner



Fonte: Adaptado de Atmaca; Atmaca (2016)

Por fim, Braga et al. (2019) utilizou o método de consulta de bancos de dados disponíveis como Sinapi, Seinfra e TCPO 14. Foram usadas duas plantas baixas representadas no AutoCAD para a análise comparativa e, com o auxílio do software REVIT, foram obtidos os quantitativos. Os elementos analisados de acordo com cada sistema construtivo e os custos seguem conforme os dados da Tabela 6.

Tabela 6: Planilha de parametrização entre os sistemas construtivos de alvenaria convencional e contêiner para a construção de uma residência

SERVIÇO	CONVENCIONAL (a)	CONTÊINER (b)
<b>1. INFRAESTRUTURA</b>		
1.1 Estaca	R\$ 6.497,74	R\$ 3.654,98
1.2 Bloco de coroamento	R\$ 2.085,63	R\$ 1.182,54
1.3 Viga baldrame	R\$ 7.258,07	R\$ 2.719,12
<b>2. SUPERESTRUTURA</b>		
(a) 2.1 Pilar	R\$ 2.885,99	-
(a) 2.2 Viga	R\$ 5.161,24	-
(a) 2.3 Laje	R\$ 9.159,67	-
(b) 2.1 Contêiner dry 40 pés reaproveitado, com transporte e içamento	-	R\$ 26.427,98
<b>3. PAINÉIS E PAREDES</b>		
(a) 3.1 Alvenaria de blocos furados na horizontal	R\$ 8.549,47	-
(a) 3.2 Verga e contraverga pré-moldada	R\$ 592,68	-
(b) 3.1 Corte com maçarico	-	R\$ 2.273,29
(b) 3.2 Parede drywall (interno seco)	-	R\$ 6.922,21
(b) 3.3 Parede drywall (interno úmido)	-	R\$ 1.829,54
(b) 3.4 Isolamento térmico em fibra de vidro	-	R\$ 2.163,59
<b>4. ESQUADRIAS</b>	R\$ 6.747,97	R\$ 5.146,09
<b>5. COBERTURA</b>	R\$ 8.933,98	R\$ 12.121,94
<b>6. REVESTIMENTO</b>		
(a) 6.1 Chapisco e massa única	R\$ 10.226,80	-
(a) 6.2 Revestimento cerâmico em paredes	R\$ 1.462,15	-

(a) 6.3 Gesso em teto	R\$ 2.056,36	-
(a) 6.4 Contrapiso, piso cerâmico e rodapé	R\$ 4.363,99	-
(b) 6.1 Revestimento cerâmico em paredes	-	R\$ 1.046,48
(b) 6.2 Forro drywall com isolamento térmico	-	R\$ 6.038,76
(b) 6.3 Piso em manta vinílica, rodapé e piso Box	-	R\$ 3.652,15
<b>7. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>	R\$ 2.534,47	R\$ 1.774,13
<b>8. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>	R\$ 5.414,55	R\$ 3.790,19
<b>9. PINTURA</b>		
(a) 9.1 Pintura em alvenaria externa	R\$ 2.247,32	-
(b) 9.1 Pintura metálica	-	R\$ 2.115,42
9.2 Pintura interna e esquadrias	R\$ 2.660,19	R\$ 1.608,84
<b>10. LOUÇAS E METAIS</b>	R\$ 1.010,13	R\$ 1.345,46
<b>11. PAISAGISMO</b>	R\$ 1.399,50	R\$ 1.399,50
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 91.247,90</b>	<b>R\$ 87.212,21</b>

Fonte: Braga et AL. (2019)

Observa-se diante dos resultados que o sistema construtivo em contêiner é mais viável economicamente do que o sistema convencional, independente do método utilizado e mesmo com o passar dos anos esse fato se manteve inalterado.

Para avaliar esse parâmetro no Hospital de Campanha de Rio Verde - GO, foram feitas pesquisas de mercado em relação aos contêineres e empregou-se o Custo Unitário Básico (CUB) do estado de Goiás para a construção em alvenaria. Baseando-se no orçamento analítico de uma obra hospitalar existente, foram isolados os custos referentes aos contemplados pelo CUB, elaborou-se um quadro de áreas da obra em questão de acordo normas, obtendo-se assim o custo por área equivalente para o empreendimento, já que dados de obras hospitalares não estão enquadrados no CUB. Desse modo, a classe CSL-16 (padrão alto) mostrou-se a mais adequada para o tipo de construção referenciado (SOARES; TOLOTTI, 2019).

Utilizando o CUB do mês de outubro de 2020 do estado de Goiás, encontrou-se o custo de R\$ 2.028,77/m<sup>2</sup> do hospital de campanha construído em alvenaria convencional. Assim, considerando a edificação com área de 1330 m<sup>2</sup>, o valor total da construção é igual a R\$ 2.698.264,10.

Por meio de pesquisas de mercado e fornecedores, em Goiás e em estados vizinhos como Mato Grosso e Minas Gerais, o custo do contêiner dry 20 pés vazio pode variar entre R\$5.800,00 a R\$9.800,00, enquanto o contêiner reefer 20 pés vazio custa em torno de R\$15.000,00 a R\$16.900,00, sendo mais comumente encontrado na região sul do país. O transporte dos contêineres é relativo à distância a ser percorrida. Por exemplo, o transporte por um fornecedor de Trindade para Rio Verde, ambas cidades em Goiás, distantes 224,7 km via BR-060, custa R\$ 1786,00, em torno de R\$7,95/km.

Desse modo, para o hospital de campanha composto por 64 contêineres, construído em Rio Verde - GO, e considerando o transporte de um contêiner por caminhão e que ambos os tipos contêineres estão sendo fornecidos de Trindade, o custo de aquisição e transporte dos contêineres é R\$741.504,00 para contêineres dry e R\$1.195.904 para contêineres reefer, excluindo-se as adaptações necessárias. Para fim de cálculo, foram utilizados os preços de R\$9.800,00 e R\$16.900,00 para o contêiner dry e reefer, respectivamente, por serem valores encontrados através de vendedores de Goiás.

Apesar de o custo inicial ser alto devido ao transporte e a compra dos contêineres, o custo final é menor se comparado ao sistema convencional por economizar em fundação, ferragens, mão de obra, entre outros, como foi possível verificar através da literatura.

Ao avaliar o ciclo de vida da edificação, a obra de alvenaria possui maior durabilidade em relação ao contêiner, devido a suscetibilidade à corrosão do metal.

## **Conclusão**

A reutilização de contêineres em edificações tornou-se uma alternativa ágil, econômica e sustentável. Ao comparar os sistemas construtivos convencional e em contêineres em relação ao conforto térmico e o isolamento acústico, notou-se que os materiais metálicos dos contêineres são bons condutores térmicos, aquecendo o ambiente mais rapidamente, e tendem a refletir os sons que o atingem, o que pode se tornar um incômodo internamente. Assim, o sistema construtivo convencional possui vantagem em relação aos contêineres. Entretanto, ao adaptá-los com placas de gesso acartonado, espuma de poliuretano e lã de vidro, os contêineres adquirem boas características térmicas e acústicas, tornando sua utilização viável.

A resistência ao fogo também se mostrou um item crítico aos contêineres. A construção em alvenaria provou ser uma alternativa mais adequada, mesmo com a instalação de revestimento de gesso acartonado nos contêineres. O custo de ciclo de vida é um fator essencial ao avaliar a edificação e o sistema construtivo convencional se apresentou com maior ciclo de vida, maior durabilidade ao ser comparado ao sistema de contêineres, que são propícios a corrosões por ação de intempéries com o passar dos anos. Em contrapartida, o uso de contêineres na edificação é mais vantajoso economicamente.

Baseando-se na literatura e nas análises realizadas, pode-se concluir que a utilização de contêineres em hospital de campanha em Goiás é viável, sendo necessárias as adaptações citadas no decorrer da pesquisa. Mesmo não se tratando de um estado litorâneo, há diversas empresas de aluguel e venda de contêineres em Goiás que facilitam a obtenção. O contêiner dry apresentou-se vantajoso para a edificação em questão, por ser encontrado com maior facilidade, mais econômico e maior área interna.

## **Referências Bibliográficas**

ALMEIDA, R. F. de; NEVES, J. O. **Contêiner: Logística, tipos, consertos e avarias, lavagem, manuseio, identificação e decodificação, agendamento e negociação**. In: IX Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP. Guarujá, 2012.

ALVES, J. V. P.; FERREIRA, R. D. S.; CAVALCANTE, R. P. Contêineres: uma nova alternativa para a construção civil. Estudo direcionado para projetos residenciais. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 46, p. 19, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ASDRUBALI, F.; D’ALESSANDRO, F.; SCHIAVONI, S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 4, n. 2015, p. 1–17, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151:** Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 14432:** Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ATMACA, A.; ATMACA, N. Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. **Applied Energy**, v. 171, p. 429-443, jun, 2016.

AZEVEDO, V. S.; COSTA, R. A.; ROCHA, R. C. **Edificações sustentáveis compostas por sistemas construtivos modulares em aço – utilização de contêineres para construção de polos educacionais universitários.** In: Construmetal 2016 – Congresso Latino-americano da Construção Metálica. São Paulo, 2016.

BRAGA, P.D.B.; LIMA, W.E.F.; SILVA, E.V.; MELO, R.S.S. **Comparação entre cronograma físico-financeiro e os sistemas construtivos de alvenaria convencional e container.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 11., Londrina, 2019.

CALDAS, L. R.; ABREU-HARBICH, L. V. DE; HORA, K. E. R. Avaliação ambiental de alternativas construtivas de um edifício contêiner. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 11, p. e020008, 29 jun. 2020.

CARBONARI, L. T.; BARTH, F. 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.

CARNEIRO, P. C. S.; OLIVEIRA, R. D. Desempenho termo acústico de sistemas construtivos: estudo de ferramentas aplicáveis a verificação da conformidade de habitação multifamiliar segundo requisitos da NBR 15.575/2013. **Revista Materia**, v.25, n.1, 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **NT 01:** Procedimentos administrativos. Goiânia, 2020.

\_\_\_\_\_. **NT 08:** Resistência ao fogo dos elementos de construção. Goiânia, 2014.

\_\_\_\_\_. **NT 14:** Carga de incêndios nas edificações e áreas de risco. Goiânia, 2020.

CUITIÑO, G., ESTEVES, A., MALDONADO, G., ROTONDARO, R. Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. **Informes de la Construcción**, v. 67, n. 537. 2015.

EDISCIPLINAS USP: Apoio as disciplinas. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/acessar/>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

FAZCOMEX, 2020. Disponível em: <<https://www.fazcomex.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-container/>>. Acesso em 23 nov. 2020.

FOSSOUX, E.; CHEVRIOT, S. **Construire sa maison container**. 2. ed. Paris: Eyrolles, 2013.

Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme. **Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector:** Global status report for buildings and construction 2019. UNEP, 2019. p.41.

IJATUYI, O. T.; OYEKU, M. J.; ODUBENA, O. O.; OGUNSOTE, O. O. **Acoustic properties of building materials.** Federal University of Technology, Akure. Akure, 2007.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014.

LIBRELOTTO, L. I.; SILVA, L.; MAGNAGO, R. F.; HIPOLITO, V. L. **Aspectos do comportamento de isolantes térmicos e acústicos de poliuretano em incêndio**. Debates Interdisciplinar VIII. 1ed. Florianópolis: UNISUL, 2017, v. , p. 173-196.

MALAGUIAS, J. L. F. **Contêineres na construção civil: uma alternativa viável para habitações frente ao método convencional**. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação). UFPB: Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MILANEZE, G. L. S.; BIELSHOWSKY, B. B.; BITTENCOURT, L. F.; SILVA, R. da; MACHADO, L. T.. **A utilização de contêineres como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC**. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE – SICT- Sul, 1º, 2012. Santa Catarina (IFSC) 2012, p. 615-624.

NDT – Nondestructive Testing Resource Center. Disponível em: <[https://www.nde-ed.org/GeneralResources/MaterialProperties/UT/ut\\_matlprop\\_index.htm](https://www.nde-ed.org/GeneralResources/MaterialProperties/UT/ut_matlprop_index.htm)>. Acesso em: 14 nov. 2020.

SANTOS, C. N. **Construção modular: utilização de contêineres como ambiente construído**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SOARES, V. A.; TOLOTTI, L. S. **Enquadramento do custo de obras hospitalares no Custo Unitário Básico (CUB)**. In: Anais do Encontro de Pesquisa e Mostra de Extensão da Faculdade Estácio de Castanhal. Faculdade Estácio de Castanhal, Castanhal, 2019.

STANFORD UNIVERSITY LAND AND BUILDINGS. **Guidelines for life cycle cost analysis**. Out, 2005. Disponível em: <<https://lbre.stanford.edu/dpm/publications/guidelines-life-cycle-cost-analysis-lcca-october-2005>> Acesso: 25 jun. 2020.

VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Instituto Brasileiro de Ciderurgia/ Centro brasileiro da construção em aço. Rio de Janeiro, 2005.

VIANA, F. S.; SOUZA, H. A. DE; GOMES, A. P. Residência em contêiner: comparativo de estratégias para a melhoria do desempenho térmico. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019011, 27 mar. 2019.

YEMAL, J. A.; TEIXERA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na construção civil**. In: 3º Workshop Internacional sobre Avanços em Produção mais Limpa. São Paulo, 2011.