



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**ALINY SILVA VUOLO**

**JÚNIOR DUTRA**

**INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO PARA  
CONSTRUÇÕES MODULARES VOLTADAS PARA EDIFICAÇÕES  
EMERGENCIAIS.**

Palhoça

2021

**ALINY SILVA VUOLO  
JÚNIOR DUTRA**

**INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO PARA  
CONSTRUÇÕES MODULARES VOLTADAS PARA EDIFICAÇÕES  
EMERGENCIAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiros Civis.

Orientador: Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Ms.

Palhoça  
2021

Esse trabalho dedicamos a os nossos pais, que sem a ajuda deles e seus incentivos não teríamos a força e a dedicação para darmos nosso melhor ao longo de todos esses anos e nos últimos acontecimentos que viemos lutando.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus pais, Sandro Dutra e Tania Zemiani que ao longo de todos esses, não apenas na minha formação de Graduação, mas também ao longo de toda minha vida me incentivaram a correr atrás de meus sonhos e poder me proporcionar esses momentos.

Agradeço aos meus amigos e colegas que me aconselharam em diversos momentos.

Agradeço a todos os professores da UNISUL, que se não fossem eles, eu não seria o profissional que estou me tornando, em especial aos professores Ricardo Mafra e Roberto de Melo que foram meus orientadores ao longo desse trabalho.

Em especial agradeço a minha noiva Ana Paulo Vieira, que me escutou várias e várias vezes reclamando ou ouvindo minhas ideias para o futuro.

Acima de tudo agradeço a Deus, pela oportunidade que me foi dada.

### **Junior Dutra**

Primeiramente agradeço a Deus, pela trajetória e por todas as conquistas a quais me foi concebida.

Agradeço aos meus pais, Afonso Vuolo e Giveranilda da Silva Vuolo por me guiar, ensinar, aconselhar, incentivar, me cuidar e principalmente me apoiar nesta longa jornada que é os estudos. E acima de tudo, tornar a mulher que luta pelo que quer e o ser humano que eu sou hoje.

Agradeço ao meu companheiro e namorado, Matheus Mendes Marchi por todas as noites em claro, estudando, ajudando, aconselhando e apoiando em todas as etapas do meu TCC e desta caminhada pela UNISUL. Agradeço também pelas batalhas e ideias de uma carreira juntos de um futuro próximo e principalmente por todo amor, carinho e dedicação.

Agradeço à UNISUL, pelos amigos conquistados ao longo destes LONGOS anos. Pelos meus Professores e todos os seus conhecimentos, ao qual me foi dado. E em especial ao meu Professor e Orientador, Ricardo Mafra.

Agradeço à minha melhor amiga, Mileide Mendes Viana, que está presente na minha vida há 23 anos. Sempre me apoiou, brigou para eu estudar, abriu os ouvidos para me escutar a reclamar e acima de tudo, que me teve em seus braços nos momentos em que eu menos e mais precisava.

E por último, agradeço a todos da minha família, tanto de Amigos como de Parentes, que sempre estiveram presentes e que depositaram muita fé e muito carinho nesta minha caminhada.

**Aliny Silva Vuolo**

“Todo grande sonho começa na mente de um sonhador. Lembre-se de que você tem, dentro de si, a garra e a paciência para atingir as estrelas e mudar o mundo.” - Harriet Tubman.

## RESUMO

A busca por técnicas de construções mais rentáveis e sustentáveis estão cada vez mais presentes no mercado da construção civil. Diante disto, a industrialização e racionalização do processo construtivo se tornou a junção destas duas técnicas, pois estes, estão abrindo caminhos para a crescente utilização de sistemas alternativos que buscam a rapidez na execução, diminuição de desperdício e geração de resíduos, mantendo a qualidade final da edificação. Há muitos sistemas pré-fabricados modulares de fácil montagem/desmontagem, e a procura pela arquitetura efêmera vem se tornando gradativamente comum e surge a partir daí, um novo tipo de arquitetura, que supre uma necessidade, em certo lugar e em um dado tempo finito. Em vista disto, o trabalho apresentado mostra esses diferentes tipos de métodos construtivos, que aplicados a arquitetura modular para edificações devem controlar e combater situações de emergência e calamidade pública, podendo assim, suprir as necessidades da população. Foi realizado uma análise comparativa das edificações emergenciais entre escolas e hospitais, buscando suas vantagens e desvantagens. Com a realização de análises e discussões é definido que os hospitais se enquadram em uma necessidade maior de suprir a população com celeridade para o enfrentamento da pandemia causada pelo COVID 19, vivenciada no século XXI. Através deste resultado, o trabalho consistiu em uma análise do desempenho de modelos construtivos modulares, onde a utilização do sistema *Light Steel Frame* (LSF) que utiliza barras metálicas de aço galvanizada como estrutura, se deu por ser a mais adequada para a arquitetura modular.

Palavras-chave: Industrialização. Pré-fabricados Modulares. Light Steel Frame. Pandemia, Emergencial. Hospitais. Escolas.

## **ABSTRACT**

The search for more profitable and sustainable construction techniques is increasingly present in the civil construction market. In view of this, industrialization and the rationalization of the construction process has become the junction of these two techniques, as these are opening the way for the increasing use of alternative systems that seek speed in execution, reduction of waste and generation of waste, maintaining quality end of the building. There are many modular prefabricated systems that are easy to assemble / disassemble, and the search for ephemeral architecture is gradually becoming common and a new type of architecture emerges from there, which fulfills a need, in a certain place and in each finite time. In view of this, the work presented shows these different types of construction methods, which informs the modular architecture for buildings must control and combat situations of emergency and public calamity, thus being able to supply as needed by the population. A comparative analysis of emergency buildings between schools and hospitals was carried out, looking for their advantages and disadvantages. With the performance of analyzes and the role it is defined those hospitals fit into a greater need to supply the population quickly to face the pandemic caused by COVID 19, experienced in the 21st century. Through the result, the work consists of an analysis of the performance of modular construction models, where the use of the Light Steel Frame (LSF) system that uses galvanized steel bars as a structure, was found to be the most suitable for a modular architecture.

**Keywords:** Industrialization. Modular Prefabrications. Light Steel Frame. Pandemic, Emergency. Hospitals. Schools.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma Estrutura do trabalho.....	18
Figura 2 – Sistema <i>Just in Time</i> .....	20
Figura 3 – Modelo de processo tradicional .....	21
Figura 4 – Modelo de processo Lean Construction.....	21
Figura 5 – O significado das 5 palavras iniciadas com ‘S’ .....	24
Figura 6 – Esquema de montagem Blocos. ....	28
Figura 7 – Esquema de Projeto.....	30
Figura 8 – Esquema de Software inclusos no BIM. ....	31
Figura 9 - Esquema de fixação por chumbadores.....	40
Figura 10 - Dimensionamento de Cargas. ....	40
Figura 11 – Chapa de <i>Drywall</i> .....	43
Figura 12 – Hospital modular de Nova Iguaçu .....	58
Figura 13 – Dimensões .....	60
Figura 14 – Ampliações.....	60

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Vibrador de imersão.....	22
Fotografia 2 – Demarcações dos caminhos a serem percorridos.....	23
Fotografia 3 – Construção prédio em Blocos de Concreto.....	29
Fotografia 4 – Construção em Pré-Moldado .....	29
Fotografia 5 – Caminhão para transporte de Pré Moldado.....	30
Fotografia 6 – Montagem da estrutura na fábrica.....	35
Fotografia 7 – Sala de aula em sistema modular .....	36
Fotografia 8 – Proposta de execução de estrutura de uma impressora 3D .....	37
Fotografia 9 – Primeira escola impressa em 3D.....	37
Fotografia 10 – Desenho Arquitetônico Estrutura Metálica.....	39
Fotografia 11 – Montagem de Estrutura Metálica.....	41
Fotografia 12 – Casas de Madeira do Século XIX .....	41
Fotografia 13 – Estrutura de Madeira.....	42
Fotografia 14 – Steel Frame Modular .....	59
Fotografia 15 – Montagem dos Módulos on-site .....	61
Fotografia 16 – Instalações Hidrossanitárias.....	62
Fotografia 17 – Instalações Elétricas.....	63
Fotografia 18 – Material enviado pela Força Aérea para hospital de campanha .....	63
Fotografia 19 – Montagem de estruturas modulares .....	64
Fotografia 20 – Hospital de campanha do Pacaembu.....	68
Fotografia 21 – Hospital de campanha do Riocentro .....	69
Fotografia 22 – Montagem da estrutura modular em hospital.....	69
Fotografia 23 – Montagem da estrutura do hospital de campanha modular em Águas Lindas de Goiás.....	70
Fotografia 24 – Hospital Independência de Porto Alegre – Módulo Covid.....	70
Fotografia 25 – O Hospital Modular de Ceilândia .....	71
Fotografia 26 – Hospital de campanha modular em anexo ao Nilton Lins, no Amazonas. A- Hospital convencional Nilton Lins. B- Posto de triagem. C- Estrutura modular do tipo container. D- Hospital de campanha de tenda Militar .....	71

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Análise comparativa modular quanto as edificações .....	50
Quadro 2 – Comparativo entre os processos de Industrialização da Construção Modular .....	55
Quadro 3 – Planilha de Verificações de Atendimento às Normas Brasileiras .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desempenho de Chapas de <i>Drywall</i> .....	44
Tabela 2 – Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais .....	62
Tabela 3 – Exemplos de Hospitais de campanha modular pelo Brasil.....	67

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1. JUSTIFICATIVA .....	16
1.2. DELIMITAÇÕES .....	16
1.3. OBJETIVOS .....	17
<b>1.3.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2. Objetivo Específico.....</b>	<b>17</b>
1.4. PROBLEMAS DE PESQUISA .....	17
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>19</b>
2.1. ASSOCIAÇÃO ENTRE CONSTRUÇÃO MODULAR E ENXUTA.....	19
2.2. HISTORICO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA ( <i>LEAN CONSTRUCTION</i> ).....	19
<b>2.2.1. Conceitos envolvidos .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2. Princípios da Construção Enxuta .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3. Ferramentas da Construção Enxuta .....</b>	<b>24</b>
2.2.3.1. 5S.....	24
2.2.3.2. Células de produção .....	27
2.3. CONSTRUÇÃO MODULAR - PROCESSOS NO BRASIL .....	27
<b>2.3.1. Racionalização da Construção .....</b>	<b>27</b>
2.3.1.1. Exemplos de Processos de Racionalização da Construção .....	28
2.3.1.1.1. <i>Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto</i> .....	28
2.3.1.1.2. <i>Pré Moldados</i> .....	29
<b>2.3.2. Industrialização da Construção .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3. Construções Modulares .....</b>	<b>32</b>
2.3.3.1. Teoria da Coordenação Modular ABNT NBR 15873/2010.....	32
2.3.3.1.1. <i>Sistema modular referencial</i> .....	33
2.3.3.1.2. <i>Sistema modular de medidas</i> .....	33
2.3.3.1.3. <i>Sistema de ajuste modular</i> .....	33
2.3.3.1.4. <i>Sistema de números preferenciais</i> .....	33
2.3.3.2. Objetivos da Coordenação Modular ABNT NBR 15873/2010.....	34
2.3.3.3. Construções modulares de Hospitais para COVID 19 .....	35

2.3.3.4. Construção Modular em Escolas .....	36
2.3.3.5. Inovação no meio de Construção Modular.....	36
2.3.3.6. Vantagens e Desvantagens do Sistema Modular.....	38
2.3.3.7. Exemplos de Processos de Industrialização da Construção Modular .....	39
2.3.3.7.1. <i>Light Steel Frame</i> .....	39
2.3.3.7.2. <i>Wood Frame</i> .....	41
2.3.3.7.3. <i>Drywall (Gesso a Cartonado)</i> .....	42
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
3.1. MÉTODO DE PESQUISA .....	45
<b>3.1.1. Descrição das etapas da pesquisa.....</b>	<b>45</b>
3.1.1.1. Revisão bibliográfica.....	46
3.1.1.2. Organização e apresentação dos resultados e conclusões .....	46
3.1.1.3. Delimitação do universo a ser pesquisado.....	46
<b>3.1.2. A pesquisa quanto a abordagem.....</b>	<b>47</b>
3.2. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS .....	47
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>49</b>
4.1. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS EDIFICAÇÕES EMERGENCIAIS .....	49
4.2. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MODELOS CONSTRUTIVOS MODULARES ..	54
<b>4.2.1. Steel Frame em Hospitais de Campanha .....</b>	<b>58</b>
4.2.1.1. Sistema construtivo .....	58
4.2.1.2. Sistema construtivo em Steel Frame .....	59
4.2.1.3. Eficiência.....	64
4.3. HOSPITAIS DE CAMPANHA MODULAR PELO BRASIL .....	67
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
5.1. RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	73
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil está em constante mudança, tanto em seus meios de construção quanto a tecnologia utilizada. Mas o que mais se procura aperfeiçoar, é atingir o maior e melhor custo-benefício com soluções mais visíveis.

Doniak (2015 *apud* Bekaert, 2018) relembra que após a Segunda Guerra Mundial as nações europeias enfrentavam um grande problema em sua comunidade, pessoas passando fome e desabrigadas com a destruição total de suas casas. Foi então que começou uma corrida para achar as melhores soluções e alcançar com o menor custo e com o tempo mínimo possível para se construir. Por este motivo, as Construções Modulares começaram a surgir e se tornar muito utilizadas. Fonseca (2020) esclarece que no Brasil essa técnica foi pouco difundida, mais bastante utilizada para construção de hospitais principalmente pelas Forças Armadas Brasileiras que utilizaram após os terremotos no Haiti e no Chile.

Recentemente para ajudar a combater a pandemia do novo COVID-19, e para dar atendimento há quem já contraiu o vírus, enormes hospitais modulares vêm sendo utilizados, pois neste momento em que a situação é caracterizada de urgência ou de calamidade pública, é necessário a adoção de medidas ágeis e eficientes para uma solução imediata. Outra usabilidade é para a emergência de excesso de alunos onde a construção modular vem para solucionar a falta de vagas nas escolas de ensino fundamental e médio.

Almeida (2015) alega que há muitos sistemas pré-fabricados modulares e de fácil montagem/desmontagem atualmente. A procura pela arquitetura efêmera vem se tornando cada vez mais comum e surge a partir daí um novo tipo de arquitetura, que supre uma necessidade, em certo lugar, em um dado tempo finito.

As arquiteturas modulares pré-fabricadas são um tipo de construção feita a partir de módulos individuais a fim de padronizar as linhas de montagem, construídas em uma fábrica, em um local diferente de onde será feita a sua instalação definitiva. Após serem construídas, são reunidas de modo a construir, por exemplo além dos hospitais de campanha, uma casa ou qualquer outro tipo de edificação por completo (FONSECA, 2020).

A construção civil no Brasil vem crescendo a cada ano expressivamente mais. E então, novos métodos construtivos, novas práticas, tecnologias avançadas, adoção de meios de racionalização estão se tornando fundamentais para a construção civil. Para Sebrae (2016) uma construção de qualidade, com o mínimo possível de custos e desperdícios no processo, aumenta a satisfação dos clientes e acaba agregando melhoria na entrega da obra. Com isto, as margens

de lucros aumentam e o posicionamento de mercado da empresa melhora, sem falar do valor que agrega neste grande setor de construção. Almeida (2015) aponta que diversas tecnologias, das mais a menos industrializadas, estão no mercado para tentar atender a demanda de soluções temporárias, mas as mais eficientes são aquelas que são reaproveitáveis. Sem falar que essas tecnologias podem ser utilizadas em várias possibilidades, de forma a proporcionar novos tipos de uso para o espaço.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O motivo pela escolha do tema se deu por conta do que está sendo vivido na atualidade, em um momento de pandemia, onde necessita-se de construções rápidas, sustentáveis e econômicas. Desta forma, as construções modulares foi a que mais se adequou a estas exigências, sendo uma técnica muito antiga e já usada em épocas de calamidade pública. Outro ponto em que escolhemos este tema para pesquisa, é o fácil acesso a documentos públicos, onde um dos integrantes realiza estágio na Secretaria de Estado da Educação e assim, poderá ser usado para a comprovação da metodologia e dos fundamentos teóricos, documentos para análise e visitas a obras escolares ondem foram e estão sendo realizadas as construções modulares.

Por esses fundamentos busca-se com a realização desta pesquisa mostrar os benefícios e qualidades que as construções modulares proporcionam, e assim, comparar com outros meios de construções industrializadas e racionalizadas.

### 1.2. DELIMITAÇÕES

Utilizar a arquitetura modular com ênfase nas etapas de fabricação padronizadas, evitando falhas e retrabalhos, em situações que são caracterizadas de urgência ou de calamidade pública. Este trabalho se limitará em abordar a arquitetura modular como método construtivo para solução das demais obras emergenciais como escolas e hospitais de campanha.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo Geral

- O objetivo geral deste trabalho é abordar a industrialização na construção civil, com estudo de caso para construções modulares voltadas para edificações.

#### 1.3.2. Objetivo Específico

Os objetivos específicos para um estudo de caso em construções modulares são:

- Identificar e abordar o panorama atual da industrialização e as principais características da construção modular voltada para hospitais de campanha.
- Exemplificar os principais sistemas de racionalização da construção civil;
- Identificar as aplicações possíveis da técnica construtiva modular para construções rápidas do tipo escolar e/ou hospitais de campanha;
- Apresentar um estudo de caso de construção modular voltado para edificações escolares e/ou hospitais de campanha;
- Discutir o uso de construções modulares e suas principais vantagens e desvantagens para a qualidade na construção civil.

### 1.4. PROBLEMAS DE PESQUISA

A falta de vagas nas escolas tem se tornado um problema comum na infraestrutura das escolas de ensino fundamental e médio, pois essas obras não possuem viabilidade para receber mais estudantes. E desde janeiro de 2020, a crescente proliferação do novo Coronavírus transformou-se em um dos maiores desafios da humanidade. Diante disto, a busca por referências bibliográficas e material didático sobre as construções modulares voltadas para a arquitetura modular para construções do tipo emergencial (escolas e hospitais de campanha) é ininterrupto, já que o mercado brasileiro ainda apresenta algum tipo de dificuldade na compreensão desse método de construção, pois muitas das vezes há pouco conhecimento e informação a respeito da tecnologia empregada com esta técnica.

Com à raridade de informações em documentos aprovados por organismos reconhecidos e pouco conhecimento, será possível identificar e abordar o panorama atual da industrialização

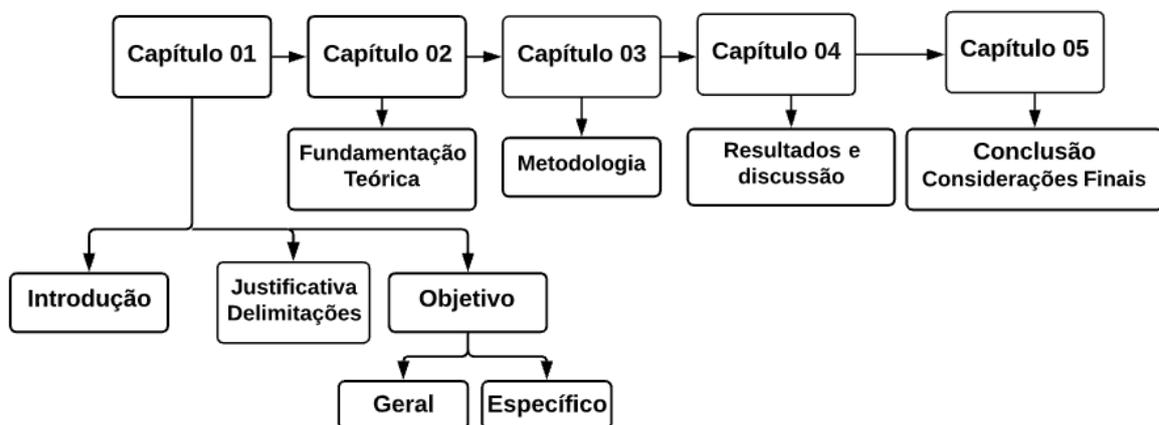
e as principais características e conceitos envolvidos nas edificações que adotaram o conceito de construção modular? A arquitetura modular se encaixa em uma construção emergencial?

### 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos (Figura 1), os três primeiros dedicados à descrição e referencial teórico e os demais apresentando o desenvolvimento, os resultados e as conclusões.

O capítulo 1, introdutório, apresenta a proposta, a justificativa, a delimitação o objetivo deste trabalho e seus problemas de pesquisa. O capítulo 2, fundamentação teórica, é apresentado todo embasamento teórico, pesquisas e estudos necessário ao desenvolvimento, aporte bibliográfico referente aos processos e tipos de construções, seus históricos, conceitos e princípios, a Racionalização, Industrialização e a Qualidade da construção civil. No capítulo 3, se trata da metodologia aplicada, é realizado o levantamento de dados e informações sobre o uso de construção modular para edificações escolares e hospitais de campanha, estudada as principais características técnicas, materiais, equipamentos voltados para a execução de edificações modulares. O capítulo 4 apresenta o resultado e discussões, nele será abordado a usabilidade e o estudo do projeto de construção modular para edificações escolares e/ou hospitais de campanha a nível nacional. Por fim, tem-se o capítulo 5, onde são abordadas as considerações finais e as conclusões acerca do tema de pesquisa desenvolvido e as recomendações bibliográficas para trabalhos futuros.

Figura 1 – Fluxograma Estrutura do trabalho



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. ASSOCIAÇÃO ENTRE CONSTRUÇÃO MODULAR E ENXUTA

De acordo com Fonseca (2020) a construção modular se caracteriza em módulos individuais que são pré-fabricados em linha de montagem e instalados no local da obra. Estes módulos podem ser feitos de madeira, vidro, concreto, aço/steel frame e outras matérias-primas utilizadas na construção pré-fabricada. Essa metodologia comporta diversas técnicas e é eficiente para a produção industrial por permitir processos simultâneos. Assim, os custos são reduzidos, bem como o prazo da obra. Já para Barros (2020) a industrialização por si foca de maneira mais intensa nas otimizações, reduções e ganhos, principalmente com a utilização de materiais, equipamentos e recursos que ajudem a alcançar estes indicadores.

Já a construção enxuta para Novelli (2017) é sistema de trabalho baseado em qualidade total com agregação de valor sobre o produto final, eliminação de desperdícios na execução de projetos e entrega do produto dentro do prazo. De acordo com Barros (2020) a construção enxuta (*Lean Construction*) também tem como base a ideia de se industrializar os processos de uma obra ou de um projeto, porém ela vai muito além disso, não foca apenas nas otimizações, reduções e ganhos, mas, principalmente na mudança de filosofia de gestão, na eliminação dos desperdícios, no fluxo dos processos, na redução da variabilidade e dos tempos de ciclo, na resolução rápida dos problemas, na melhoria contínua, entre outros princípios.

Deste modo Barros (2020) alega que a construção modular (industrializada) deve ser considerada como parte da construção enxuta (*Lean Construction*), afinal de contas o principal foco não está apenas nos resultados, mas na mudança de cultura, afinal de contas ter um processo ou outro industrializado e dando resultados é bem diferente de ter uma empresa enxuta com pessoas que vivem esta filosofia da melhoria contínua.

### 2.2. HISTORICO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA (*LEAN CONSTRUCTION*)

No decorrer da história, cada época teve suas técnicas utilizadas na construção civil, junto com o avanço tecnológico utilizado, inovando cada ambiente.

De acordo com Barreiros *et al.* (2014 *apud* SILVA *et al.* 2018, p.94-95) construção civil no Brasil, entre os anos de 2007 e 2012, o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) deste segmento foi 1,8 vezes maior do que o PIB geral do país. Adicionalmente, os custos deste setor

criaram taxas muito elevadas, chegando a aproximadamente 60% ao ano, ocasionando a redução da margem EBITDA do negócio, que caiu de 21% em 2007 para 16% em 2011. Assim, a questão de aumento de produtividade no setor de construção civil começou a tomar uma relevância considerável.

Com a tendência de a partir de ferramentas de Gestão de Qualidade, as empresas começaram a melhorar sua forma de processo produtivo, adquirindo a ISO 9000. A partir dos anos 90 um novo conceito foi desenvolvido, conhecido com *Lean Construction* ou Construção Enxuta tem sua origem no trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry*, do finlandês Lauri Koskela (1992) e se baseia na filosofia de *Lean Production*.

Mas como pode ser observado, esta forma de trabalho apareceu anos antes a partir de filosofias básicas:

- TQM (*Total Quality Management*) é uma abordagem para melhorar a competitividade, a eficácia e a flexibilidade da organização.
- Produção Puxada, as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovando estoques) por meio de descontos e promoções. O consumidor passa a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de estoques e valorizando o produto.
- *Just in Time* (Na hora certa) sistema de administração da produção que determina que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado na hora exata (Figura 2).

Figura 2 – Sistema *Just in Time*



Fonte: Renova, 2018.

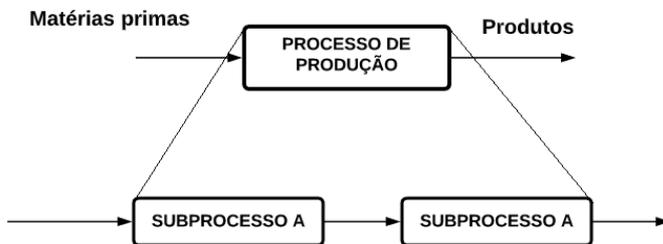
Resumindo o conceito a construção enxuta significa construir com a maior qualidade possível com o menor custo, eliminando desperdícios, que é o modelo utilizado até nos dias atuais para obter o menor desperdício em nossos canteiros de obras.

### 2.2.1. Conceitos envolvidos

Denominada como nova filosofia de gestão de produção, originada através de um sistema Toyota de Produção - STP e adaptada para construção civil, Koskela (1992) trouxe os princípios do *total quality management* (gestão da qualidade total) e do Just in time (tempo exato), a junção destes princípios ficou conhecida como *Lean Construction* (construção enxuta).

O sistema Toyota de produção aumentou uma competitividade com uma identificação e eliminação de perdas. Perdas que não se resumem apenas em defeitos gerados em um Sistema de Produção em Massa por fabricas Fordismo ou Ford T que usufruíam de métodos abordados na Figura 3, opostos aos que foram criados pela Toyota (KOSKELA, 1992).

Figura 3 – Modelo de processo tradicional



Fonte: Lauri Koskela, 1992.

Os métodos abordados também possuíam perdas de mão de obra, “Perda de ritmo” (Figura 4), e por equipamentos em atividades que não agregavam valor (Souza and. Cabette, 2017).

Figura 4 – Modelo de processo Lean Construction



Fonte: Lauri Koskela, 1992.

Através disto, de acordo com Sebrae (2016) a construção enxuta foi criada com o intuito de promover na construção civil uma produção com qualidade, reduzindo ao mínimo possível os custos e desperdícios no processo, aumentando a satisfação dos clientes, agregando melhoria na entrega da obra e, principalmente, aumentando as margens de lucro e melhorando o posicionamento de mercado da empresa.

### **2.2.2. Princípios da Construção Enxuta**

Já que os desperdícios podem estar relacionados a: defeitos e falhas, produção em excesso, processamento inadequado, transportes ou ações desnecessárias, estoque parado, tempo de espera ou habilidades dos profissionais envolvidos (MOBUSS, 2019). A fim de não cometer desperdícios e seguir com o intuito e os objetivos da construção enxuta, existem 11 princípios fundamentais, no qual este método se baliza. Sendo os mais importantes, descritos a seguir:

- Reduzir atividades que não agregam valores ao produto;

Ou seja, eliminar o que não acrescenta. Princípio clássico desse método, no qual a eficiência dos processos poderá ser melhorada e as suas perdas reduzidas por meio da eliminação de etapas que não agregam valor ao produto, como atividades de transportes de materiais e outros.

Um exemplo deste é composto por um vibrador portátil (Fotografia 1) que demanda apenas um servente para sua utilização, ao invés de dois funcionários como o método convencional (Arruda, 2017).

Fotografia 1 – Vibrador de imersão



Fonte: Victor Arruda, 2017.

- Aumentar o valor do produto, de acordo com as necessidades do cliente;

Este princípio se trata de agregar valor à construção e está diretamente relacionado às necessidades e às expectativas do cliente perante a construtora. Baseia-se na identificação clara, o que eles desejam e precisam.

- Redução da variabilidade dos produtos/entregas;

De acordo com Arruda (2017) a redução da variabilidade é de suma importância, já que transforma o empreendimento em um produto uniforme, o qual gera maior satisfação para o cliente e evita desperdícios com as equipes de trabalho. Por tanto, a padronização dos procedimentos acaba se tornando o conceito chave para esse princípio.

- Redução no tempo de ciclo de produção;

Entrega rápida para o cliente, com equipes que são incentivadas a entregarem um conjunto de lotes de produção. Os funcionários terão serviços específicos, diminuindo o índice de erros e aumentando a estimativa de obras mais precisas. Deste modo, o sistema de produção torna-se menos vulnerável às mudanças.

- Aumentar a transparência do processo;

O aumento da transparência nos processos tende a identificar todos os possíveis erros de execução com a disponibilização de todas as informações necessárias (ARRUDA, 2017). A Fotografia 2 exemplifica uma aplicação deste princípio com a adoção do programa 5S, cujo intuito é focar na melhoria da organização, da limpeza, da segurança e outros atributos.

Fotografia 2 – Demarcações dos caminhos a serem percorridos



Fonte: Victor Arruda, 2017.

### 2.2.3. Ferramentas da Construção Enxuta

De acordo com Sebrae (2016), a construção enxuta precisa ser encarada como uma alteração radical na filosofia de produção da empresa para que tenha os resultados esperados. Para conseguir alcançar os objetivos propostos, através dos princípios apresentados acima, existe também uma série de ferramentas e métodos para auxiliar esta implementação.

#### 2.2.3.1. 5S

De acordo com May (2019), a ferramenta 5S é uma metodologia de trabalho que usa uma lista de cinco palavras japonesas que iniciam por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. Para o português preferimos a tradução de Sentos, pois é mais adequada à filosofia do Programa 5 S, que atinge os sentidos, os sentimentos, o sentir e influir na realidade do local de trabalho e na nossa qualidade de vida. Para o mesmo autor, senso é a faculdade de apreciar, de julgar, significa também “entendimento, tino, juízo.” Portanto, nunca se “implanta” um senso, mas se “planta” e se “cultiva” num processo educacional que exige lideranças competentes, pacientes e persistentes num trabalho de longo prazo. Segundo Araújo (2004) "Senso de" significa "exercitar a capacidade de apreciar, julgar e entender".

Os propósitos da metodologia 5S são de melhorar a eficiência através da destinação adequada de materiais (separar o que é necessário do desnecessário), organização, limpeza e identificação de materiais e espaços e a manutenção e melhoria do próprio 5S.

É de grande importância para a organização, a aplicação de um programa 5S, desde que toda a equipe participe ativamente de sua implementação. Cada senso será examinado focalizando três aspectos fundamentais, os Princípios Básicos, os Benefícios Esperados e seus significados, abordados na Figura 5.

Figura 5 – O significado das 5 palavras iniciadas com ‘S’



Seiri	Senso de Utilização
Seiton	Senso de Ordenação
Seisou	Senso de Limpeza
Seiketsu	Senso de Saúde
Shitsuke	Senso de Autodisciplina

Fonte: Pet civil Ufc, 2012.

**Senso de Utilização (Seiri):** O principal objetivo é tornar o ambiente de trabalho mais útil e menos poluído, tanto visualmente como espacialmente. Para tal, os objetos ou materiais devem ser classificados de acordo com a frequência com que são utilizados para, então, rearranjá-los ou colocá-los em uma área de descarte devidamente organizada. Seu resultado é um ambiente de trabalho estruturado e organizado de acordo com as principais necessidades de cada empresa (BLESS SISTEMAS, 2019).

Benefícios deste senso para May (2019):

- Liberação de espaços para diversos fins;
- Reaproveitamento de recursos;
- Alocação correta de força de trabalho e recursos;
- Diminuição da burocracia;
- Redução de custos;
- Informação correta na hora certa.

**Senso de Ordenação (Seiton):** Seu conceito chave é a simplificação. A partir da organização espacial previamente feita, essa etapa visa dar aos objetos que são menos utilizados um local em que eles fiquem organizados e etiquetados. Assim, agilizam os processos e há maior economia de tempo (BLESS SISTEMAS, 2019).

Seus Benefícios de acordo com May (2019) são:

- Economia de tempo;
- Diminuição do cansaço físico;
- Evacuação rápida em caso de perigo;
- Facilidade na obtenção de informações;
- Facilidade na operação de máquinas e equipamentos.

**Senso de Limpeza (Seiso):** O terceiro item consiste na limpeza e investigação minuciosa do local de trabalho em busca de rotinas que geram sujeira ou imperfeições. Qualquer elemento que possa causar algum distúrbio ou desconforto (como mau cheiro, falhas na iluminação ou ruídos) deve ser consertado. O principal resultado é um ambiente que gera satisfação nos funcionários por trabalharem em um local limpo e arrumado, além de equipamentos com menos possibilidades de erros ou de quebra por conta da constante fiscalização e manutenção (BLESS SISTEMAS, 2019).

Para este senso os Benefícios são (MAY, 2019):

- Bem - estar pessoal;
- Manutenção de equipamentos;
- Prevenção de acidentes;
- Causa boa impressão;
- Recuperação e preservação do meio ambiente.

May (2019, p. 143) esclarece que: **Senso de Saúde (Seiketsu)** é “Manter as condições de trabalho, físicas e mentais favoráveis à saúde.”. Com os outros três sentidos em prática, o ambiente se torna mais limpo, e por isto, há grande chance de os funcionários também buscarem maior cuidado com o visual e com a saúde pessoal, garantindo ainda mais equilíbrio e bom desempenho no trabalho e contribuindo ainda mais para o andamento do processo rumo à qualidade total.

De acordo com May (2019) são Benefícios deste senso:

- Melhor segurança e desempenho do pessoal;
- Prevenção de danos à saúde dos que convivem no ambiente;
- Melhor imagem da empresa internamente e externamente;
- Elevação do nível de satisfação e motivação do pessoal para com o trabalho.

E por fim, **Senso de Autodisciplina (Shitsuke)**: “É sentir-se responsável pela qualidade de seu trabalho e de sua vida.” (MAY, 2019, p. 144).

Para May (2019) seus Benefícios:

- Reduz a necessidade constante de controle;
- Autoinspeção e autocontrole;
- Pessoas mais motivadas e integradas ao meio social;
- Facilita a execução de toda e qualquer tarefa/operação;
- Evita perdas oriundas de trabalho, tempo, utensílios etc.;
- Traz previsibilidade do resultado final de qualquer operação;
- Recuperação e preservação do meio ambiente;
- Os produtos ficam dentro dos requisitos de qualidade, reduzindo a necessidade de controles, pressões etc.

### 2.2.3.2. Células de produção

Para Rabelo (2012) as células de produção são ambientes de produções que dedicam equipamentos e materiais para a produção de uma família de partes ou produtos com requerimentos similares de processo.

As células surgiram da adaptação do modelo de produção em linhas de montagem de Henry Ford, onde o sistema era projetado para produzir apenas um produto em um período de crescimento econômico, à nova conjuntura de mercado. A ideia da aplicação de células de produção na construção civil provém das significativas vantagens do seu uso na indústria de manufatura. A grande diferença entre sistemas tradicionais em linha, e sistemas que adotam célula de manufatura é que no sistema em linha tradicional tanto as máquinas como os operários são destinados a uma única tarefa especializada, resultando em uma grande inflexibilidade do sistema. Já para os sistemas de célula existe uma maior flexibilidade nos recursos que são destinados à realização de mais de uma tarefa.

As células de produção são aplicadas na indústria de manufatura com o objetivo, e, entre outros, de simplificar o planejamento, diminuir o tempo de produção e aumentar a produtividade, melhorando a satisfação dos trabalhadores.

Ainda para Rabelo (2012) a adaptação de células de produção para a construção civil se torna uma característica diferenciada e importante. À medida que a indústria da Construção Civil desenvolve, os produtos (edificações) se tornam extremamente grandes e pesados. Dessa forma, são as estações de trabalho que devem fluir através dos postos de trabalho e não o produto que se desloca através dos postos de trabalho.

## 2.3. CONSTRUÇÃO MODULAR - PROCESSOS NO BRASIL

### 2.3.1. Racionalização da Construção

A iniciativa para a implementação do Lean surgiu-o do grupo Andrade Gutierrez responsável pelo planejamento de estádios na Copa do mundo de 2014, inicialmente para a construção do estádio do Amazonas. O projeto estava tendo grandes desafios para sair do papel, além de todo o transporte de matérias teriam que ser feitos por barcos ou balsas dificultando a logística, o tempo para a conclusão da obra também estava curta e as exigências estabelecidas pela Federação Internacional de Futebol (FIFA), aumentaram ainda mais os custos.

Sendo assim a solução foi a implantação do sistema *Lean Construction*, sendo assim teve que ser feito todo um replanejamento de projetos e dos processos a serem executados.

Algumas características de uma Racionalização Construtiva são racionalização da mão de obra, racionalização de insumos, racionalização do prazo, padronização de projetos e racionalização do uso de novas tecnologias.

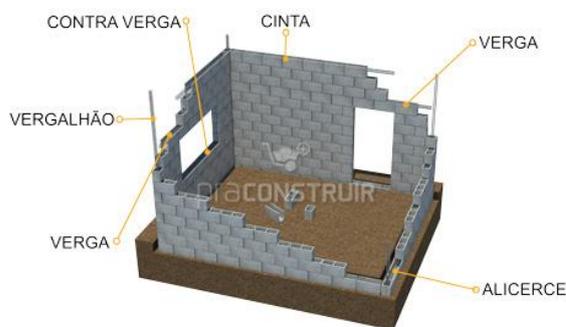
### 2.3.1.1. Exemplos de Processos de Racionalização da Construção

#### 2.3.1.1.1. Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto

Neste sistema de construção as paredes levantadas funcionam como suporte estrutural para o peso da edificação, incluindo lajes, telhados, esquadrias, distribuindo toda a tensão para a fundação, sendo assim dispensando a construção de vigas ou pilares conforme Figura 6.

Ela é um processo construtivo, devendo ser calculado e projetado por profissionais qualificados para garantir segurança e funcionalidade já que suportarão todo o peso da construção (SILVA, 2015).

Figura 6 – Esquema de montagem Blocos.



Fonte: ConstruçãoApp, 2015.

Este sistema é muito utilizado no Brasil para o programa Minha Casa Minha Vida conforme Fotografia 3, onde é uma das melhores alternativas para o custo-benefício, construções rápidas e com uma alta qualidade em seus processos, evitando o grande desperdício com materiais desnecessários como por exemplo a madeira para caixarias.

Fotografia 3 – Construção prédio em Blocos de Concreto



Fonte: ConstruçãoApp, 2015.

#### 2.3.1.1.2. Pré Moldados

As construções em pré-moldados (Fotografia 4) vêm sendo bastante populares no Brasil, principalmente para a construção de galpões comerciais, e vendo de um ponto de vista técnico o material produzido é de alta qualidade e a montagem é fácil e ágil.

A racionalização conseguida com o uso de pré-moldados permite que os materiais disponíveis para a execução do empreendimento sejam mais bem aproveitados, sem, contudo, demandar profundas alterações tecnológicas (PEDERIVA, 2009).

Fotografia 4 – Construção em Pré-Moldado



Fonte: ConstruçãoApp, 2015.

Os materiais utilizados para a produção concreto armado variam de acordo com o processo em que as peças serão submetidas. De acordo com a NBR 7480 (Aço para estruturas de concreto armado – Especificação), os aços indicados são o CA-50 e CA-60.

De acordo com Bonafé (2016) a concretagem deve seguir critérios de qualidade para que não ocorra problemas com bolha de ar que possam deixar aparente as ferragens, as

chamadas “bicheiras”, para que isso não ocorra sempre deve-se utilizar a vibração que varia de acordo com a consistência do concreto.

Uma solução recomendada por especialistas para minimizar deficiências nessa etapa é o concreto autoadensável. “Ele elimina a vibração, adensando-se apenas pelo seu próprio peso. Por reduzir o índice de bolhas, proporciona acabamento superficial melhor e mais uniforme em comparação ao concreto convencional” constata Brandão (*apud* BONAFÉ, 2016) gerente de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente da Leonardi Construção Industrializada.

O transporte das peças já fabricadas e totalmente prontas para processo de montagem são enviadas por caminhões comuns como mostra a Fotografia 5, e são levadas até a obra sendo amarradas com cabos de aço, sintas e proteções nos acabamentos para que não danifique o produto (BONAFÉ, 2016).

Fotografia 5 – Caminhão para transporte de Pré Moldado



Fonte: Acervo Leonardi Construção Industrializada - Bonafé, 2016.

### 2.3.2. Industrialização da Construção

De acordo com Arruda (2017) a industrialização da construção civil hoje traz a oportunidade de retirarmos o processo de produção que está sendo feito agora em obra. Além de utilizar uma mão de obra mais jovem pois está ligado a tecnologia (Figura 7).

Figura 7 – Esquema de Projeto



Fonte: Victor Arruda, 2017.



### 2.3.3. Construções Modulares

O conceito de Construção modular ainda é muito novo, e vem chegando e gerando grandes transformações na construção civil. Rosso (1976) e Castelo (2008), defendem que a coordenação modular trata de uma metodologia sistemática que racionaliza a concepção e construção de edifícios, além de elevar a industrialização da construção, mantendo a liberdade de concepção arquitetônica. Como o próprio nome revela, a construção ocorre através de módulos individuais que são fabricados em linhas de montagem padronizadas e que são montados no local da edificação. Em uma comparação simplista, lembra os encaixes de Lego da infância.

O erro é achar que é possível utilizar esse método apenas em casas, mas também edifícios inteiros e outras grandes construções. Assim, a pré-fabricação é totalmente padronizada através de módulos individuais que serão montados no local da obra.

Um equívoco muito comum é acreditar que a construção modular tem um resultado final pouco criativo e inovador. É possível agregar diversas técnicas diferentes na construção modular, integrando com a madeira, o vidro, o concreto, o aço, dentre outras.

A Norma de Coordenação Modular para Edificações ABNT NBR 15873/2010 traz a definição dos termos, o valor do módulo básico, além dos princípios da coordenação modular para edificações. Desta forma, padroniza as dimensões de peças, elementos e componentes de todos os produtos utilizados na construção de uma edificação. Com isso, evitam-se dificuldades de ajuste e retrabalho nas obras.

#### 2.3.3.1. Teoria da Coordenação Modular ABNT NBR 15873/2010

A coordenação dimensional modular é, conforme Freire (2006 *apud* BASTOS, 2015), a obtenção da coordenação dimensional (racionalizar as dimensões, considerando a sua relação com a edificação, possibilitando a articulação dos componentes construtivos, sem cortes e ajustes) utilizando um módulo como unidade medida, reduzindo a variedade de dimensões e formas dos componentes, tornando-os intercambiáveis entre si, padronizados, além de facilitar sua posterior montagem e combinação. Para tanto, são necessários os seguintes princípios:

#### *2.3.3.1.1. Sistema modular referencial*

O sistema de referência (bidimensional ou tridimensional) serve para orientar os componentes construtivos no espaço, promovendo assim segundo Patinha (2011 *apud* BASTOS, 2015), sua compatibilidade e auxiliando na sua localização. Este sistema, conforme Greven e Baldauf (2007 *apud* BASTOS, 2015) é formado por pontos, linhas e planos, em relação ao qual ficam determinadas a posição e a medida de cada componente da construção. Sua utilização ocorre tanto no projeto da edificação quanto na sua execução (montagem).

#### *2.3.3.1.2. Sistema modular de medidas*

O sistema modular de medidas é baseado na unidade de medida básica, o módulo, e em múltiplos inteiros ou fracionários do mesmo, pretendendo normalizar as dimensões dos elementos construtivos. Para tanto, segundo Greven e Baldauf (2007 *apud* BASTOS, 2015), esse sistema deve apresentar as seguintes características:

- Conter as medidas funcionais e dos elementos construtivos;
- Ser aditiva em si mesma;
- Assegurar a intercambialidade das partes mediante a combinação das medidas múltiplas ou fracionárias do módulo;

#### *2.3.3.1.3. Sistema de ajuste modular*

Para que o previsto em projeto e o que ocorre em obra sejam compatíveis, deve existir uma relação entre a medida nominal (aquela prevista em projeto) e a medida modular (aquela verificada na produção) de um componente e à essa relação se dá o nome de ajuste modular.

Esta medida, representada por “aM”, garante, conforme Patinha (2011 *apud* BASTOS, 2015) que os componentes desempenhem sua função corretamente, definindo também, segundo Greven e Baldauf (2007 *apud* BASTOS, 2015) os limites dos elementos em função das operações realizadas em obra (associação e montagem) sem que ocorram adaptações como cortes ou alteração dos componentes e elementos.

#### *2.3.3.1.4. Sistema de números preferenciais*

Conforme Greven e Baldauf (2007 *apud* BASTOS, 2015), o uso de um sistema modular de medidas implica em uma seleção de medidas e que esta devem levar em consideração o tipo e formato de cada componente.

A fim de otimizar o processo produtivo e econômico, faz-se o uso de um sistema que obedeça a regras numéricas seletivas em que a produção dos elementos se desenrola em multimódulos ou submódulos, segundo Patinha (2011 *apud* BASTOS, 2015), permitindo deste modo, uma seleção mais organizada dos mesmos.

Diante disso, conforme Rosso (1976), este sistema tem como características:

- Ter fixo os seus limites pelas características técnicas dos componentes e as razões econômicas de sua fabricação;
- Pela função que desempenha;
- Por sua forma de união (junta entre componentes);
- Pela possibilidade de dividir – se sem desperdício;

A partir da utilização desse sistema, desenvolve-se o uso de medidas preferíveis (aquelas que melhor se ajustam à Coordenação Modular) e, posteriormente, medidas preferidas (aquelas dentre as medidas preferíveis, a que o mercado utiliza com maior frequência).

Diante destes princípios, pode-se desenvolver um projeto modular, conforme previsto em norma NBR 15873 – Coordenação Modular para edificações. Para tanto, seguem as definições dos conceitos citados.

#### 2.3.3.2. Objetivos da Coordenação Modular ABNT NBR 15873/2010

De acordo com a Norma Regulamentadora 15873/2010 - Coordenação modular para edificações, a coordenação modular visa promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes). Isto significa:

- a. Ampliar a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva da construção civil;
- b. Racionalizar a variedade de medidas de coordenação empregadas na fabricação de componentes construtivos;
- c. Simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;

- d. Aumentar a intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil projetada da edificação.

#### 2.3.3.3. Construções modulares de Hospitais para COVID 19

Em razão da pandemia causada pela Covid-19, o Brasil e o mundo passaram a adotar os hospitais de campanha como meio de desafogar o atendimento na rede pública de saúde. Para erguer estes hospitais é utilizada a construção modular (FONSECA, 2020).

Lucas Maceno é o diretor de Operações da empresa de engenharia Tecverde, onde são especializados no sistema modular e teve como sua missão e desafio a construção de 5 hospitais em tempo recorde.

De acordo com Maceno (2021), a empresa catarinense optou pela utilização do sistema modular pelo simples fato de ser o melhor custo-benefício para o momento em que o Sistema Único de Saúde (SUS), estava sobrecarregado com a quantidade de pacientes precisando de leitos de UTIs.

A primeira obra foi entregue na cidade de São Paulo, no início de março, e as demais em seguida, sendo que cada hospital foi entregue em um período de 30 a 36 dias. Tudo Isso só foi possível porque as estruturas já vêm prontas de fábrica, como mostra a Fotografia 6 e são apenas montadas no local e feitas as instalações elétricas e hidráulicas. Maceno (2021), explica que:

“Nossas construções são similares às empregadas nos Estados Unidos, mas utilizado uma tecnologia alemã adequadas à realidade brasileira, o que a torna mais robusta e durável. É um trabalho de desenvolvimento de um produto mais qualificado e aprimorado, contando com uma experiente equipe de arquitetos e engenheiros”.

Fotografia 6 – Montagem da estrutura na fábrica



Fonte: Tecverde, 2021.

#### 2.3.3.4. Construção Modular em Escolas

De acordo com a empresa VISIA Engenharia (2020) a construção modular é uma alternativa moderna e sustentável para quem deseja construir, reformar ou expandir o ambiente escolar de forma rápida, sem renunciar à qualidade.

O desafio das construções escolares é expandir as instalações dentro de um curto prazo, sem prejudicar o calendário escolar. Para fazer isto, a empresa VISIA (2020) esclarece que não há alternativa melhor do que a construção modular, já que este método construtivo proporciona obras muito mais rápidas do que as convencionais. Essa agilidade só é possível graças ao modelo de construção off-site, em que os módulos são produzidos em um ambiente industrial longe do canteiro de obras e transportados somente quando finalizados. Com isso, cerca de 90% da obra é feita em uma fábrica e quando pronta, pode ser transportada para montagem, exigindo menos mão de obra na instalação e desperdício de materiais.

Desta forma, as aulas não precisam ser suspensas e calendário escolar não há necessidade de ser alterado. Os módulos escolares são construídos com o Sistema Fast Flex, tecnologia exclusiva da empresa VISIA com comprovação de desempenho pela NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Esta metodologia avançada proporciona todo o conforto e segurança para um ambiente confortável e seguro para o aprendizado, como apresenta a Fotografia 7

Fotografia 7 – Sala de aula em sistema modular



Fonte: Visia construção modular, 2020.

#### 2.3.3.5. Inovação no meio de Construção Modular

Na cidade de Fianarantsoa, localizada no sudoeste da Ilha de Madagascar, terá a primeira escola impressa em 3D do mundo, uma construção modular, usando materiais de

origem local, uma mistura de cimento capaz de suportar a pressão do ambiente e clima, que emite menos CO2 comparado ao concreto tradicional (INOVA SOCIAL, 2021).

A iniciativa é da Thinking Huts, uma organização sem fins lucrativos, e o projeto será usado como um protótipo para testar sua portabilidade e seu custo-benefício.

A Inova Social (2021) explica que para colocar cada unidade de pé, uma impressora 3D específica para uso em construções irá transformar cimento em paredes, camada por camada. E, quando a escola estiver com suas portas abertas, parceiros locais da Thinking Huts irão ensinar a comunidade a usar a impressora 3D, para que o processo possa ser replicado para construir mais escolas futuramente. A Fotografia 8 mostra um dos projetos propostos para a execução de suas estruturas.

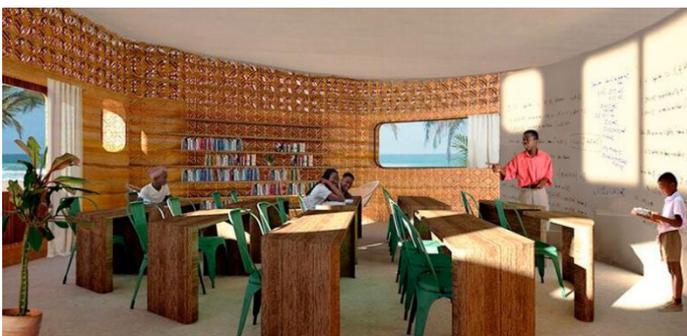
Fotografia 8 – Proposta de execução de estrutura de uma impressora 3D



Fonte: Inova Social, 2021.

“Investimento insuficiente em infraestrutura física é uma das maiores barreiras à educação” explica a Thinking Huts. A impressão 3D poderá preencher essa lacuna (Fotografia 9), ao mesmo tempo que encoraja a inovação e o crescimento econômico. Não podemos prometer uma solução definitiva para todos os problemas que envolvem a educação, mas estamos prometendo um início.” (INOVA SOCIAL, 2021).

Fotografia 9 – Primeira escola impressa em 3D



Fonte: Inova Social, 2021.

### 2.3.3.6. Vantagens e Desvantagens do Sistema Modular

As vantagens do sistema modular são:

- Versatilidade;

Como já foi comentado, é um meio de construção extremamente versátil e pode se implantar em diversos tipos de empreendimento. Seja para edificações permanentes como para realocáveis, casa, hospitais, escolas entre outras.

- Maior Agilidade;

Uma das maiores vantagens é a rapidez com que seu processador é feito, sendo possível fazer várias etapas da obra ao mesmo tempo, reduzindo o tempo de execução da construção. Ficando assim muito mais fácil o cumprimento do cronograma e prazos de entrega.

- Atendimento aos critérios de sustentabilidade;

Por ser controlada e ter um alto grau de acuracidade, gera uma menor quantidade de resíduos, fazendo com que a obra tenha um desperdício muito menor de material.

- Qualidade;

Como os módulos são pré-fabricados, eles seguem um padrão de qualidade totalmente controlado. Desta forma, a construção modular, no geral, possui padrões e normas mais eficientes do que aquelas utilizadas nas edificações construídas de modo tradicional.

As desvantagens do sistema modular são:

- Crédito para Construção;

Embora o número de empresas de construção de casas modulares tenha aumentado nos últimos anos, as entidades bancárias continuam a apresentar vários entraves para concederem um crédito habitação para este tipo de construção.

- Responsabilidade;

Nem todas as empresas que efetuam projetos modulares se responsabilizam pela fraca qualidade dos materiais ou por reparos/manutenções de patologias apresentadas posteriormente.

- Custo de Material;

Dependendo do acabamento ou meio de construção, os materiais utilizados podem fazer com que se torne caro a fabricação.

- Licenciamento;

Sendo um projeto mais completo e novo, pode ter uma maior dificuldade no processo de licenciamento em comparação a construções tradicionais.

### 2.3.3.7. Exemplos de Processos de Industrialização da Construção Modular

#### 2.3.3.7.1. *Light Steel Frame*

É um sistema que utiliza barras metálicas de aço galvanizado, podendo ter várias formas e de diferentes resistências definidas em cada projeto conforme Fotografia 10. Para sua construção ou montagem se utiliza o auxílio de software C, tanto para a o gerenciamento de eventuais perdas, cálculo de tensões para se utilizar o melhor perfil com menor custo, quanto rastreio e localização. Apresenta ótima resistência à incêndio, pois é revestido por placas de gesso acartonado, material com elevada resistência ao fogo.

Sua base estrutural que formula o projeto em LSF é fundamentada em um grande número de elementos estruturais resistindo a uma pequena parcela da carga total aplicada, assim é possível elementos mais esbeltos e painéis mais leves e com facilidade de manipulação (RODRIGUES, 2006).

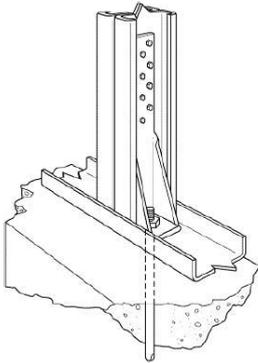
Fotografia 10 – Desenho Arquitetônico Estrutura Metálica



Fonte: Arquiteto Hipólito de Oliveira, 2016.

Para Campos (2012) as etapas para a construção de um projeto em *Light Steel Framing* são compostas por uma fundação geralmente feita em radier com concreto armado, toda sua estrutura é feita em perfis metálicos juntamente chumbados na fundação radier conforme mostra a Figura 9.

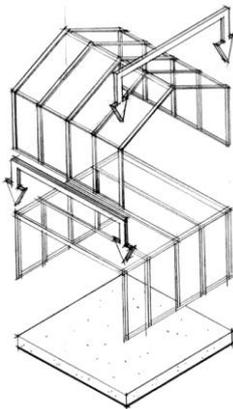
Figura 9 - Esquema de fixação por chumbadores.



Fonte: IBDA Fórum da Construção, 2012.

Campos (2012) explica que o sistema também atua para suportar lajes e coberturas onde os perfis escolhidos distribuem as cargas para suportar o peso da estrutura. Seus elementos trabalham bi apoiadas e sempre deveram transmitir as cargas para a fundação (Figura 10).

Figura 10 - Dimensionamento de Cargas.



Fonte: IBDA Fórum da Construção, 2012.

De acordo com Campos (2012) para o fechamento das paredes internas e externas da edificação utilizamos normalmente placas de gesso acartonado, no mercado brasileiros encontramos 3 tipos diferentes de placas:

- Placas comuns
- Placas resistente a umidade

- Placas resistente a fogo

Segundo Sebrae (2016) a mão de obra utilizada para a construção do *Light Steel Framing* deve ser especializada e requer um planejamento e uma execução diferenciada das outras empregadas, garantindo assim, uma maior eficiência na construção conforme mostra a Fotografia 11. No Brasil, esta técnica seria um problema, pois a mão de obra é desqualificada e atualmente existem poucos recursos que ofereçam esse treinamento, para uma maior qualificação.

Fotografia 11 – Montagem de Estrutura Metálica



Fonte: Fonte de dados do Google, 2020.

#### 2.3.3.7.2. Wood Frame

Para Sspinelli (2016) a palavra *Wood* vem do inglês, e significa Madeira, ou seja, construções em madeira, e teve seu início no Estados Unidos em meados do século XIX como mostra a Fotografia 12.

Fotografia 12 – Casas de Madeira do Século XIX



Fonte: Fonte de dados do Google, 2020.

Na América do Norte e no Japão, grande parte da população usa o Wood Frame como uma técnica para construir suas casas. Sua forma de construção rápida e sustentável, isto acontece porque é utilizado madeiras de reflorestamento. Além disto, sua sistemática de cálculo de tensões é muito semelhante à da Steel Frame, mas ao contrário de utilizar perfis de aço, é disposto de madeira, como mostra a Fotografia 13 (SSPINELLI, 2016).

Fotografia 13 – Estrutura de Madeira



Fonte: Arquitete suas ideias, 2016.

De acordo com Amaral (2019) existem diversas vantagens para utilizar este modo de construção como:

- Sustentabilidade, um dos principais benefícios, menos impacto ambiental com o entulho que sobra;
- Menor quantidade de resíduos;
- Fonte de matéria prima renovável;
- Velocidade e facilidade que ajudam no prazo de entrega, o que torna uma vantagem para o empreendedoríssimo que precisam de obra pronta de forma rápida para o comércio ou outro dia de negócio;
- Construção seca e leve, exige equipamento de menor porte para transporte e armazenamento das peças gerando uma mão de obra reduzida;
- Absorção por parte da madeira de até 40 vezes menor calor do que a alvenaria, gerando assim conforto térmico e acústico, trazendo uma sensação agradável em qualquer região do Brasil, seja ela fria ou mais quente;
- A possibilidade de se ter o total controle dos gastos já na fase de projeto;

#### 2.3.3.7.3. Drywall (Gesso a Cartonado)

O *drywall* foi criado em 1898 nos Estados Unidos por Augustine Sackett, que revolucionou a construção civil norte-americana com a invenção de um simples sistema de construção baseado em painéis ou “chapas” produzidas com gesso natural revestido com papel cartão nas duas faces. Desde então, as chapas de *drywall* vem evoluindo em termos de tecnologia e representam uma solução arquitetônica prática e inteligente.

As chapas de *drywall* é composta por um interior de gesso natural e adesivos, revestido com duas lâminas de cartão duplex como mostra a Figura 11. Nessa união, o gesso proporciona resistência à compressão e o cartão, resistência à tração, tornando o material resistente mecanicamente.

Figura 11 – Chapa de *Drywall*.



Fonte: Drywall Campinas, 2020.

De acordo com o arquiteto Holtz (*apud* AECWEB, 2020), sócio-diretor da Harmonia Acústica, para obter bom desempenho é possível variar a estrutura, o número de chapas utilizadas e o elemento usado no preenchimento da cavidade. como o *drywall* é um sistema industrializado e modular, ele pode ser aproveitado na criação de soluções com isolamento acústico suficiente para atender desde dormitórios até salas de cinemas e teatros. “Podem-se variar a estrutura, o número de chapas utilizadas, o preenchimento da cavidade e outros detalhes específicos que permitem a construção de elementos de altíssimo desempenho acústico”, ressalta Holtz (*apud* AECWEB, 2020). O material responde, inclusive, às exigências de ambientes muito específicos, como estúdios de gravação, que podem contar com soluções mistas, combinando elementos de alvenaria e *drywall*.

A Associação Brasileira do *Drywall* disponibiliza em seu site a Tabela de Desempenho das Paredes *Drywall* (Tabela 1), que faz parte do conteúdo de seu manual de projetos. Os números apresentados são referenciais para projeto, desde que obedecidas as normas técnicas do material nessa etapa e na instalação. Além disso, para a obtenção dos resultados indicados,

é essencial a utilização de produto qualificado no Programa Setorial da Qualidade (PSQ), sediado na associação.

Tabela 1 – Desempenho de Chapas de *Drywall*

Tipologia	Espessura total das paredes	Largura das Montantes (mm)	Distancia entre Montantes	Altura Limite (m)		Quantidade e borda das chapas	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	Resistencia ao Fogo		Isolamento Arucustico Rw (Dn)	
				Montante Simples	Montante Dupla			com chapa ST	Sem chapa RF	Sem Isolante	Com Isolante
73/48	73	48	600	2,5	2,9	2 BR 12,5	22	30	30/45	34/36	42/44
			400	2,7	3,25						
98/48	98	48	600	2,9	3,5	4 BR 12,5	42	60	120	42/44	49/50
			400	3,2	2,8						
95/70	95	70	600	3	2,6	2 BR 12,5	22	30	30/45	38/40	44/46
			400	3,3	4,05						
120/70	120	70	600	3,7	4,4	4 BR 12,5	42	60	120	44/46	50/52
			400	4,1	4,8						
115/90	115	90	600	3,5	4,15	2 BR 12,5	22	30	30/45	39/42	45/47
			400	2,85	4,6						
140/90	140	90	600	4,2	5	4 BR 12,5	42	60	120	45/47	53/55
			400	4,6	5,5						
<b>Paredes Especiais</b>											
260/48 DEL	260	48	600	7	8,2	2 BR 12,5	24	30	30/45	53/55	57/59
			400	7,5	9						
160/48 DEL	160	48	600	4,9	5,5	4 BR 12,5	44	60	120	48/50	55/57
			400	5,5	6,5						
300/90 DEL	300	90	600	8,2	9,8	4 BR 12,5	44	30	30/45	55/57	60/62
			400	9,1	10,8						
160/70 DEL	160	70	600	2,9	3,4	4 BR 12,5	44	60	120	53/55	60/62
			400	3,2	3,7						
200/70 DEL	200	70	600	3,3	3,8	4 BR 12,5	44	30	30/45	59/61	64/66
			400	3,6	4						

Fonte: Associação Brasileira de *Drywall*, 2020. Adaptado pelos autores, 2020.

### 3. METODOLOGIA

O presente capítulo tem a finalidade de apresentar a metodologia utilizada na execução deste trabalho elaborado a partir de apostilas, trabalhos acadêmicos, teses, monografias e muitos outros dados e materiais disponíveis na internet. Utilizando estas técnicas para a execução deste trabalho, a fim de obter resultados significativos quanto aos nossos objetivos perante o panorama atual da industrialização da construção civil no Brasil voltado para o conceito de construção modular com o intuito de explicar se as construções modulares voltadas para obras emergenciais, são realmente técnicas de racionalização para a construção civil, etapa abordada no capítulo 4 – Resultado e Discussões.

Este tipo de pesquisa é o que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão e o porquê destes tipos de construções e se realmente se encaixam no conceito de uma construção enxuta e racionalizada.

#### 3.1. MÉTODO DE PESQUISA

Quando aos procedimentos de pesquisa onde refere-se ao um estudo de caso, cujo objetivo é o estudo de uma unidade que deve ser analisada profunda e intensamente. Segundo Yin (2001): “o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Goode e Hatt (1979, p. 421- 422) definem o estudo de caso como um método de olhar para a realidade social. “Não é uma técnica específica, é um meio de organizar dados sociais preservando o caráter unitário do objeto social estudado”.

Portanto, o estudo de caso é um modo de se investigar um fenômeno empírico seguindo um conjunto de procedimentos pré-especificados e que pode ser utilizado, especialmente, com as seguintes finalidades (YIN, 2001).

Para o presente estudo de caso sobre a industrialização na construção civil, adotamos por estudar, analisar e identificar edificações voltadas para construções emergenciais modulares.

##### 3.1.1. Descrição das etapas da pesquisa

As etapas seguidas para elaboração deste estudo serão abordadas nos tópicos a seguir

#### 3.1.1.1. Revisão bibliográfica

A pesquisa bibliográfica acerca do assunto fomentou a base de conhecimentos prévios necessários para observação dos fatos ocorridos em obra, para posteriores análises e desenvolvimento das conclusões deste trabalho. Estudou-se sobre industrialização e as técnicas de racionalização sobre as construções modulares, da concepção inicial à execução; dos diversos itens que a compõem, como são construídas, quais cuidados deve-se tomar relativos à qualidade, ao desempenho.

#### 3.1.1.2. Organização e apresentação dos resultados e conclusões

Após a realização do estudo e organização dos dados coletados será realizado a apresentação das informações no capítulo 4, sendo as informações organizadas no referido capítulo em função dos seguintes parâmetros:

Trecho da obra estudada; Etapas da execução; Tipos de problemas encontrados com maior incidência; Percentual de ocorrências para dos problemas encontrados; Recomendações para melhorar as atividades realizadas pela empresa referentes ao trecho de rede estudado.

#### 3.1.1.3. Delimitação do universo a ser pesquisado

A escolha do tema sobre a construção modular voltada para edificações escolares se deu por conciliar a sustentabilidade na construção civil e obras emergenciais, que necessitam de construções rápidas para suprir a necessidade da população. As obras modulares são consideradas construções a seco, por utilizar de menos recursos naturais, como a água, que desta forma contribui para a preservação do meio ambiente. As construções modulares se caracterizam pela fabricação de módulos individuais afim de padronizar as linhas de montagem, ou seja, a construção modular se iguala a uma indústria, que produz módulos industriais fabricados em série, tornando assim um processo de industrialização, de forma racionalizada, gerando eficiência, rapidez, flexibilidade e sustentabilidade nas edificações da construção civil. A delimitação envolve a reunião de todas as informações necessárias para o desenvolvimento desta investigação sobre as construções modulares, os limites de tempo e espaço, a amostragem, as vantagens e desvantagem e também a área de estudo.

A técnica de pesquisa para cada modalidade de pesquisa há um método, uma técnica específica para o seu desenvolvimento. O pesquisador delimita o seu campo de investigação e

procura aplicar instrumentos que irão auxiliar na coleta e interpretação dos dados (GIROTTI, 2017).

### **3.1.2. A pesquisa quanto a abordagem**

Com relação à abordagem da pesquisa, esta pode ser classificada como qualitativa, pois para D'AMBROSIO (2004) a pesquisa é de natureza qualitativa quando utiliza referências de livros, artigos, manuais, dissertações, teses e sítios institucionais nacionais e internacionais oficiais. A pesquisa qualitativa requer do pesquisador uma atenção ampliada, procurando fazer sentido de discursos e narrativas que estariam silenciosas, tendo como foco entender e interpretar dados e discursos.

De acordo com Gil (2002), “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente por livros e artigos científicos”.

Para Girotti (2017) as modalidades de pesquisa são variedades de investigações que adotam uma técnica, um tipo de objeto a ser investigado, resultando na análise dos dados. Em geral, a pesquisa é qualitativa, visando o aprofundamento do dado. Nesse sentido, a modalidade de pesquisa escolhida é estudo de caso, e, segundo Knechtel (2014) o estudo de caso busca-se detalhar e aprofundar um caso determinado já acontecido ou observado in loco, a partir de determinadas fontes teóricas. Para Girotti (2017) a pesquisa qualitativa procura expor uma visão detalhada e complexa dos fenômenos construídos na realidade, mostra a relação entre o pesquisador e o objeto de estudo, enfatiza a qualidade e os processos de investigação, e tem por base principal de dados os materiais bibliográficos. Essa pesquisa será baseada no método de análise e interpretação dos dados coletados no material bibliográfico, aprofundando o entendimento do objeto investigado. Assim, a metodologia é a leitura e interpretação visando o conhecimento detalhado sobre o objeto investigado. Desta forma, a pesquisa quanto a abordagem que melhor descreve nossos objetivos e define pela ideia de rigor, precisão e objetividade é a pesquisa qualitativa.

### **3.2. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

A análise de dados é a atividade de transformar um conjunto de dados com o objetivo de poder verificá-los melhor dando-lhes ao mesmo tempo uma razão de ser e uma análise racional. É analisar os dados de um problema e identificá-los. A análise de dados possui

diferentes facetas e abordagens, incorporando diversas técnicas. Para Martins (2017) a análise de dados busca transformar números em informação, em significado, em solução de problemas.

Existem quatro tipos de análise de dados, sendo eles:

- e. Análise preditiva;
- f. Análise prescritiva;
- g. Análise descritiva e,
- h. Análise diagnóstica.

A análise de dados que melhor atende nossa pesquisa é a análise preditiva. Para Martins (2017) esse modelo é o mais conhecido, pois ajuda a prever cenários futuros com base na análise de padrões da base de dados. Assim, é possível tomar decisões mais precisas. Os métodos usados pela análise preditiva são dados estatísticos e históricos, além da mineração de dados e da inteligência artificial. Assim, ela é indicada para projetar comportamentos futuros do público e do mercado, além de avaliar flutuações da economia e tendências de consumo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse trabalho foram estudados sistemas construtivos. Cada sistema possui suas peculiaridades e busca elevar a eficiência nas obras em que ele é utilizado, o que é uma necessidade crescente no mercado altamente competitivo da Construção Civil no Brasil e no Mundo. Ter uma alta eficiência é sinônimo de rapidez na execução da obra, de ter uma redução no custo final do empreendimento, de ter um alto grau de satisfação do cliente e de ter uma obra que gere impactos reduzidos no meio ambiente onde ela está sendo inserida, que é o mesmo que ter uma obra com conceitos de sustentabilidade.

Todos os sistemas possuem partes pré-moldadas fora do canteiro de obras, o que faz com que seja necessária apenas a montagem dessas peças no local. Essa é uma característica que contribui muito para o ganho de tempo na execução obra, pois as peças já chegam prontas. Além disso, sob o ponto de vista da sustentabilidade isso faz com que a quantidade residual descartadas no canteiro seja menor.

O presente estudo de caso se dará para a confirmação de que as edificações em sistema modular são construções enxutas e racionalizadas.

### 4.1. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS EDIFICAÇÕES EMERGENCIAIS

Em uma situação de emergência ou de calamidade pública, devemos ficar atentos a verdadeira necessidade de nosso país. A análise comparativa em forma de *cluster*, tende a apresentar resultados para focalizar melhor entre as edificações modulares para hospitais de campanha e escolas públicas e assim, distinguir qual a mais importante em tal situação diante do cenário atual no Brasil. O Quadro 1 apresentará as vantagens e desvantagens de se construir um hospital de campanha e uma escola pública em sistema construtivo modular para posteriormente analisar e comparar qual edificação é mais a importante para o momento.

Quadro 1 - Análise comparativa modular quanto as edificações

(continua)

	HOSPITAIS	ESCOLAS
V A N T A G E N S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O intuito da construção modular para edificação hospitalar é atender pacientes em situações extremas (calamidade pública). Considerando um cenário grave de avanço a uma doença e despreparo para fornecer atendimento a todos, o Ministério da Saúde adota medidas de prevenção e administração de leitos hospitalares. (ALICERCE, 2020).</li> <li>• Com o sobrecarregamento do SUS a construção modular possui o melhor custo-benefício. Isso porque o método construtivo é o off-site, onde toda a estrutura é produzida na fábrica com todas as instalações, possibilitando assim, uma montagem mais rápida com custo reduzido (VISIA, 2020).</li> <li>• As edificações modulares têm qualidade e durabilidade superior ao convencional, implicando em menos manutenção ao longo de sua vida útil. Isto porque os módulos são feitos seguindo a Norma de Desempenho (NBR 15575, 2013) em ambiente controlado, com componentes conhecidos e montagem especializada (VISIA, 2020).</li> <li>• É possível reciclar o aço e outros materiais úteis usados e revendê-los às fábricas de construção industrializada já que seus materiais podem ser reutilizados e destinado ao uso determinado por algo ou alguém (VISIA, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De acordo com a empresa VISIA (2020) a construção modular não prejudica o calendário acadêmico. Isto porque a construção pode ser realizada no período intermediário entre o final e o início de um semestre letivo, sendo boa parte das atividades realizada dentro da fábrica e a montagem no local da obra aumenta a rapidez e diminui o risco de atrasos de entrega.</li> <li>• Gera Igualdade e inclusão Social (BARELA, 2018). Pois com a construção de novas salas, a necessidade de vagas escolares é suprida e é através da educação que o indivíduo se tornará alguém mais tolerante e consciente acerca de seus próprios atos em relação aos outros.</li> <li>• Supre a necessidade de falta de vagas nas escolas.</li> </ul>

Quadro 1 - Análise comparativa modular quanto as edificações

(continuação)

	HOSPITAIS	ESCOLAS
V A N T A G E N S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com base no Ministério da Saúde, no pior momento da pandemia de Covid-19, em que hospitais se encontram superlotados, a construção modular disponibiliza leitos e desafogam o sistema de saúde do país.</li> <li>• Possibilidade de achatar a curva de infecção e mitigar as consequências de um possível colapso no sistema de saúde (ALICERCE, 2020). Isto porque os leitos dos hospitais modulares são destinados apenas para a população infectada, sendo sua construção uma obra rápida, pois possui um método que permite a execução de tarefas simultâneas tanto no canteiro de obra quanto na fábrica, garantindo muito mais celeridade no processo construtivo.</li> <li>• A construção modular é eficiente para a ampliação de estruturas de unidades básicas de saúde como postinhos ou postos de triagem. É possível também transformá-los em escolas ou até mesmo em outro hospital, pois depois de desmontados e retirados dos locais onde serviram como auxílio ao COVID-19, suas estruturas podem ser reutilizadas ou ainda, transportadas para outras localidades, isto porque um dos pilares da construção modular é a sustentabilidade, e todos os módulos podem ser facilmente transformados e adaptados para outro propósito (VISIA, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente mais seguro para trabalhar. Isto porque o modelo de fabricação e montagem de edificações possuem melhores condições de trabalho, além do menor nível de ruído e de poluição do ar, com impacto direto na diminuição do risco de acidentes (VISIA, 2020).</li> <li>• É possível reciclar o aço e outros materiais úteis usados e revendê-los às fábricas de construção industrializada já que seus materiais podem ser reutilizados e destinado ao uso determinado por algo ou alguém (VISIA, 2020).</li> </ul>

Quadro 1 - Análise comparativa modular quanto as edificações

(continuação)

	HOSPITAIS	ESCOLAS
V A N T A G E N S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente mais seguro para trabalhar. Isto porque o modelo de fabricação e montagem de edificações modulares possuem melhores condições de trabalho, além do menor nível de ruído e de poluição do ar, com impacto direto na diminuição do risco de acidentes (OLIVEIRA, 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São estruturas flexíveis e adaptáveis às mudanças de uma indústria em constante movimento. Graças ao poder de transformação dos módulos e reaproveitamento das estruturas (VISIA, 2020).</li> <li>• A rapidez não afeta a qualidade dos módulos. Isso porque o meio de processo é realizado com tolerâncias rígidas e sob um sistema de garantia da qualidade (OLIVEIRA, 2019).</li> </ul>
D E S V A N T A G E N S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitas estruturas construídas para conter a doença vão se tornar obsoletas (VISIA, 2020). Como a demanda de leitos é superior a demanda de vagas escolares, muitas estruturas ficarão sem uso até que uma nova emergência surja.</li> <li>• Possui escassez de mão de obra especializada até mesmo para a manutenção. A mão de obra para a construção civil convencional necessita menos qualificação e treinamento do que em uma construção pré-fabricada (VISIA, 2020). Isso se deve às técnicas de construção serem mais específicas para garantir o funcionamento adequado do sistema construtivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Após suprir as necessidades da falta de vagas as estruturas construídas se tornarão obsoletas (VISIA, 2020). Por isso, deve-se pensar em formas de destiná-las para um fim produtivo.</li> <li>• Possui escassez de mão de obra especializada até mesmo para a manutenção. A mão de obra para a construção civil convencional necessita menos qualificação e treinamento do que em uma construção pré-fabricada (VISIA, 2020). Isso se deve às técnicas de construção serem mais específicas para garantir o funcionamento adequado do sistema construtivo.</li> </ul>

Quadro 1 - Análise comparativa modular quanto as edificações

		<b>(conclusão)</b>	
		HOSPITAIS	ESCOLAS
D E S V A N T A G E N S		<ul style="list-style-type: none"> <li>• É necessário um rigoroso controle de qualidade para garantir a eficiência da construção, e deve respeitar e atender as normas de desempenho NBR 15575 (VISIA, 2020).</li> <li>• Possui necessidade de uma atenção especial nas fases de fabricação, transporte, montagem e de desempenho, pois qualquer erro pode colocar em risco a qualidade final dos elementos (CUNHA OLIVEIRA <i>et al</i>, 2017).</li> <li>• Cuidados com o transporte e a logística, fatores que podem danificar os módulos quando não respeitadas as devidas precauções.</li> <li>• Quantidade limitada de fornecedores. Isto porque a matéria-prima utilizada no processo de fabricação é desenvolvida para dispor ao alto nível de sustentabilidade e suportar as intempéries mais severas da natureza, comparado as matérias-primas convencionais (REVOREDO <i>et al</i>, 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigem de espaço para o armazenamento quando não mais necessárias.</li> <li>• É necessário um rigoroso controle de qualidade para garantir a eficiência da construção, e deve respeitar e atender as normas de desempenho NBR 15575 (VISIA, 2020).</li> <li>• Possui necessidade de uma atenção especial nas fases de fabricação, transporte, montagem e de desempenho, pois qualquer erro pode colocar em risco a qualidade final dos elementos (CUNHA OLIVEIRA <i>et al</i>, 2017).</li> <li>• Cuidados com o transporte e a logística, fatores que podem danificá-lo quando não respeitadas as devidas precauções.</li> <li>• Quantidade limitada de fornecedores. Isto porque a matéria-prima utilizada no processo de fabricação é desenvolvida para dispor ao alto nível de sustentabilidade e suportar as intempéries mais severas da natureza, comparado as matérias-primas convencionais (REVOREDO <i>et al</i>, 2019).</li> </ul>

Fonte: Autores, 2021.

Com base na análise comparativa vista anteriormente, a construção de hospitais certamente é a mais viável, ainda mais levando em conta a atual situação mundial. De acordo com o artigo 6º da Constituição Federal da República de 1988, Título II (Direitos Fundamentais), Capítulo II (Direitos Sociais) a educação é uma necessidade humana, entretanto, dentre as maiores preocupações de um país em desenvolvimento, a saúde certamente vem em primeiro lugar. Ainda de acordo com a Constituição Federal da República de 1988, a saúde é um direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doenças e de outros agravos, o acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação, Art. 196, Título VIII – (Da Ordem Social), Seção II – (Da Saúde). “O principal objetivo do hospital é salvar vidas, permitir que o indivíduo melhore de determinada condição de saúde, ou promova a cura” (MANSUR, *apud* SPDM, 2015). Dados do OPGH (Observatório de Política e Gestão Hospitalar) mostram pacientes aguardando muito tempo por um atendimento, entretanto, nenhum paciente pode chegar a um serviço de urgência e ser examinado após mais de uma hora de espera, pois isto viola o critério de segurança, que são classificados por quatro graus de risco (vermelha, amarela, verde e azul). Esses dados do observatório são indicadores de fracasso no serviço de urgência hospitalar, indicando uma superlotação.

À vista disto, as construções de hospitais tornam-se extremamente importantes no atual cenário nacional, pois tem como objetivo disponibilizar leitos e desafogar o sistema de saúde do país. Com o avanço do número de casos positivos do coronavírus, a demanda hospitalar vem aumentando, porém nenhum sistema de saúde no mundo estava preparado para atender uma alta demanda de pacientes, por isto, o papel das empresas de engenharia é fundamental nesse momento atual do Brasil. O fornecimento de uma construção rápida, que priorize a qualidade e as funcionalidades da infraestrutura são essenciais para proporcionar um atendimento de alto padrão e conforto em um momento tão difícil, além disto tudo, ela pode salvar vidas.

#### 4.2. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE MODELOS CONSTRUTIVOS MODULARES

Será abordado no Quadro 2 uma análise de todos os métodos construtivos pesquisados, obtidos através de pesquisas e ensaios realizados por empresas especializadas. Após isto, escolheremos o método construtivo que melhor se adequa a construções de hospitais modulares diante do melhor custo-benefício.

Quadro 2 – Comparativo entre os processos de Industrialização da Construção Modular

(continua)

Sistema Modular	Análise de Dados
<i>Light Steel Frame (LSF)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetos que adotam o sistema LSF apresentam redução no número de matéria prima, já que eles são substituídos por materiais industrializados com elevado desempenho de qualidade, diminuindo o número de passos na execução.</li> <li>• Por ser um material leve e por não utilizar paredes maciças, há redução de consumo de material desde a fundação, pois a mesma não necessita de superestruturas. A execução do LSF funciona como um manual de montagem, que se bem planejado reduz significativamente a geração de resíduos.</li> <li>• O aço utilizado nas estruturas do LSF é 100 % reciclável, podendo ser desmontado e reaproveitado. Além disto, é a menos agressiva ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira, minimiza a poluição sonora gerada pelas serras e outros equipamentos relacionados.</li> <li>• Estrutura em aço galvanizado, produto com certificação internacional e que obedece aos mais rigorosos controles de qualidade, obedecendo todos os temas da norma ABNT NBR 16775:2020 Estruturas de aço.</li> <li>• Apresenta uma ótima resistência contra terremotos ou ventos fortes, se considerar áreas onde a influência climática é muito incidente se torna uma grande vantagem para o sistema.</li> </ul>
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É uma solução prática, rápida e de execução simples, pois o uso da madeira representa uma promissora alternativa para o desenvolvimento de processos construtivos para as moradias, isoladas ou coletivas, em unidades de pequeno ou médio porte.</li> </ul>

Quadro 2 – Comparativo entre os processos de Industrialização da Construção Modular  
(continuação)

Sistema Modular	Análise de Dados
<p><i>Wood Frame</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É uma solução prática, rápida e de execução simples, pois o uso da madeira representa uma promissora alternativa para o desenvolvimento de processos construtivos para as moradias, isoladas ou coletivas, em unidades de pequeno ou médio porte.</li> <li>• Esta alternativa é encontrada de forma efetiva em países desenvolvidos, onde sendo feita com uma mão de obra especializada se torna o melhor benefício.</li> <li>• Com um bom desempenho do material, testes feitos com o auxílio de tabelas e fluxogramas os quais permitiram concatenar as diversas etapas em laboratórios demonstram pontos positivos em itens como durabilidade, resistência, conforto térmico e acústico. Com um tratamento adequado e de manutenção, as moradias têm previsão de duração para 50 anos ou mais.</li> <li>• O Brasil é certamente um país com grande potencial produtivo para a indústria madeireira. Com aproximadamente 463,2 milhões de hectares de florestas, o que equivale a 54,4% do território nacional, o Brasil possui a segunda maior área de florestas do mundo, estando atrás apenas da Rússia. Cerca de 98,5% dessa área corresponde a florestas nativas, enquanto apenas 7,1 milhões de hectares, ou seja, 1,53% da área total florestada, constituem-se de florestas plantadas segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (2012). O Ministério do Meio Ambiente estima que 69% dessa cobertura florestal tenha potencial produtivo.</li> <li>• Importante apontar é o fato de que a produção industrial da madeira consome muito menos energia do que qualquer outra matéria prima.</li> </ul>

Quadro 2 – Comparativo entre os processos de Industrialização da Construção Modular  
(conclusão)

Sistema Modular	Análise de Dados
<i>Wood Frame</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na análise de consumo de materiais, o sistema Wood Frame utiliza quantidade significativamente inferior à massa de materiais aplicados na edificação convencional, entregando um produto de qualidade equivalente. Na construção da superestrutura, a parcela de massa correspondente a madeira chega a 41% do total aplicado na edificação.</li> <li>• O sistema tem uma grande flexibilidade construtiva, podendo ser usado na construção de edificações simples retangulares, torres cilíndricas ou mesmo telhados nas mais variadas formas.</li> </ul>
<i>Pré-Moldado</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma de suas principais vantagens é o alto controle de qualidade da fabricação. Todas as peças são feitas em um local apropriado, seguro e com um fácil acesso para todos. A alta tecnologia empregada permite a produção de um material excepcional, que se adéqua perfeitamente às necessidades da obra.</li> <li>• Permite construir com agilidade, já que as peças são feitas em locais separados e independem do andamento da obra. As estruturas como vigas e pilares que serão utilizados para a estrutura do primeiro e do segundo andar de um prédio podem estar sendo feitas ao mesmo tempo em que é executada a fundação da obra. Basta garantir o correto armazenamento dessas peças até o momento de utilização.</li> <li>• Para quem busca uma economizar em sua obra o custo-benefício do pré-moldado é muito maior. Como a montagem é rápida e terceirizada, há um ganho de tempo e, conseqüentemente, um ganho financeiro ao utilizar esse método construtivo.</li> </ul>

Fonte: Autores, 2021.

Depois de visto e alisado todos os dados, podemos observar que em um país em desenvolvimento como o Brasil é notável o crescimento do setor da construção civil e inevitavelmente dos problemas ambientais e funcionais que crescem no mesmo ritmo.

Em virtude dos problemas apresentados é fundamental que haja a expansão de sistemas construtivos com melhores desempenhos e que sejam mais sustentáveis. Pois além de trazer grandes benefícios ao meio ambiente, criam um novo segmento de construções mais leves, racionalizadas, reaproveitáveis, recicláveis, rápidas e com diferenciado desempenho termoacústico.

Já a utilização do sistema *Light Steel Frame* deve ser mais implantada de forma gradual, como acontece em diversos países, para que se possa cada vez mais buscar soluções práticas e sustentáveis. Devido a pandemia ela já vem sendo utilizada por diversas empresas para construções emergenciais.

#### 4.2.1. Steel Frame em Hospitais de Campanha

##### 4.2.1.1. Sistema construtivo

No ano de 2003 de acordo com Rissi (2020) a China utilizou o método construtivo LSF para a construção de hospitais, durante uma epidemia de SARS, construindo assim hospitais em uma semana, trabalhando 24 horas por dia. E para o ano de 2020 fizeram a mesma utilização do método construtivo para a pandemia do Covid-19, sendo erguido a edificação em apenas 10 dias. Essa operação serviu como iniciativa para outros países pudessem utilizar o mesmo sistema, como foi o caso do Brasil que adotou a ideia.

A Obra Hospitalar feita pelo Governo do Rio de Janeiro para o combate da pandemia por conta do covid-19 e Nova Iguaçu, foi um marco sendo o maior hospital modular feito em Steel Frame da América Latina como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Hospital modular de Nova Iguaçu



Fonte: Governo do Estado Rio de Janeiro, 2020.

Tendo sido utilizado cerca de 1000 toneladas de aço (Fotografia 14) e sendo feita em tempo recorde. Cerca de 500 funcionários trabalhando em 3 turnos diferentes por 60 dias.

Fotografia 14 – Steel Frame Modular



Fonte: Quick House, 2020.

Sendo construções temporárias, destaca-se ainda a facilidade na montagem e também na desmontagem das estruturas em aço. Além disso, elas podem ser reaproveitadas no futuro para outras ações, já que o aço é um material 100% reciclável. Importante salientar que, embora tenham caráter temporário, hospitais de campanha são construções que devem atender todas as exigências técnicas previstas em Normas e Códigos de Obras (CBIC`S AGENCY, 2020).

#### 4.2.1.2. Sistema construtivo em Steel Frame

Há basicamente três métodos construtivos para a implantação do sistema LSF: o método tradicional ou Stick, o método por painéis e o método de construção modular.

O método tradicional é o mais utilizado, onde os perfis são cortados no canteiro da obra, e painéis, lajes, contraventamentos e a cobertura são montados no local. No método dos painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local, e os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais. Já as construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas.

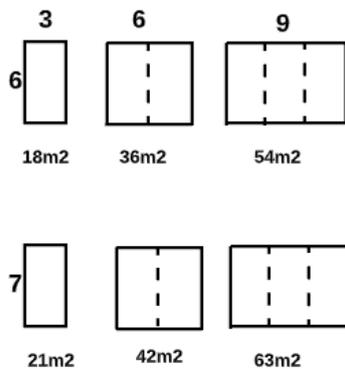
Utilizando método de painéis, é obtido um desempenho melhor pelo simples fato de a produção dos painéis de encaixe da estrutura poder serem feitos na fábrica e simultaneamente a empresa responsável pode nivelar e preparar o terreno para a instalação dos módulos. As etapas para utilização do sistema são descritas abaixo:

- Projeto

A fase do projeto abrange tudo o que ocorre antes do processo de construção e da industrialização dos módulos incluindo estudos de viabilidade e questões arquitetônicas. O conceito inicial dos módulos é desenvolvido durante a fase de pré-construção. Esse é o momento certo para tomar decisões centrais sobre o projeto como tamanho, layout e acabamento dos blocos.

De acordo com a Visa Engenharia (2020) há diversas soluções e opções diferenciadas no mercado. Por exemplo, é possível optar pelas seguintes dimensões de modelos Modulares, Figura 13:

Figura 13 – Dimensões

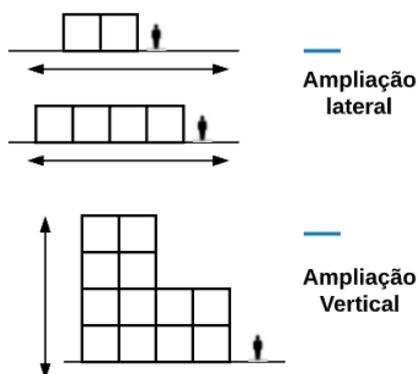


**\*Consulte outras dimensões**

Fonte: Visia Eng., 2020. Adaptado pelos autores, 2021.

Além disso, nossos módulos podem ser ampliados em até quatro andares, da seguinte maneira Figura 14 (VISIA, 2020):

Figura 14 – Ampliações



Fonte: Visia Eng., 2020. Adaptado pelos autores, 2021.

A etapa do projeto dos módulos também envolve a parte burocrática de elaboração dos estudos necessários para a aprovação da obra como estudos de viabilidade, impacto ambiental.

- Produção e construção dos módulos

A construção modular foi criada para eliminar as ineficiências da construção tradicional. Isso se torna ainda mais evidente a partir da segunda etapa, a fase de construção e produção dos módulos, em que dois processos ocorrem simultaneamente: a construção on-site e off-site, ou seja, a construção dentro e fora do canteiro de obras.

A construção on-site no canteiro de obras mais se assemelha à construção tradicional. Nela, as equipes chegam ao canteiro de obras e passam a trabalhar no nivelamento do solo, nas fundações e plataformas de suporte dos módulos. Nesta fase, os trabalhadores têm uma função principal: preparar o terreno para os módulos que vão chegar. Afinal, a fabricação das unidades modulares já está em andamento *off-site* enquanto o terreno está sendo preparado.

A construção on-site nas fabricas começa com a industrialização dos módulos em fábricas especializadas, Fotografia 15.

Fotografia 15 – Montagem dos Módulos on-site



Fonte: Quick House, 2020.

Nesta etapa, os módulos são construídos e mobiliados de acordo com as especificações determinadas no projeto. Depois, eles passam por um controle de qualidade rigoroso que garante a entrega de painéis duráveis e de qualidade.

Os perfis utilizados são obtidos por dobramento, em prensa dobradeira, de lâminas recortadas de chapas ou tiras, ou por perfilagem, em mesa de roletes, a partir de bobinas laminadas a frio ou a quente, sendo ambas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente (NBR 14762, ABNT, 2001).

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), os perfis típicos para o uso em LSF são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco

pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado. As massas mínimas de revestimento são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2 – Revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais

Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente	180	Z180 (NBR 7008)	100	Z 100 (NBR 7008)
Zincado por eletrodeposição	180	90/90 (NBR 14964)	100	50/50 (NBR 14964)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150	AZ150 (NM 86)	100	AZ100 (NM 86)

<sup>(1)</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a NM 278

Fonte: NBR 15253: 2005

Quanto as instalações hidrossanitárias devem ser muito bem projetadas a fim de atender a todos requisitos essenciais para um bom fornecimento de água e para a condução dos efluentes de esgoto até o seu destino correto. As tubulações devem ser locadas em locais adequados e bem isoladas das paredes Fotografia 16, para não prejudicar a estabilidade estrutural e para permitir o fácil acesso na necessidade de realizar algum tipo de reparo na instalação.

Fotografia 16 – Instalações Hidrossanitárias



Fonte: Fonte da dados google, 2021.

A instalação elétrica é feita através de um projeto que propicie segurança ao usuário. Existem diferentes linhas de materiais para instalações elétricas, sendo que a instalação pode ser feita embutida ou aparente. As instalações podem ser feitas com eletrodutos com uma elevada resistência mecânica, são eles: os eletrodutos rígidos roscáveis, os eletrodutos

soldáveis, ou os eletrodutos aparentes. Também pode-se utilizar os eletrodutos corrugados Fotografia 17, que são disponíveis em dois modelos, um que possui uma resistência mecânica razoável e outro que possui uma baixa resistência mecânica.

Fotografia 17 – Instalações Elétricas



Fonte: fonte da dados google, 2021.

- Transporte

Depois da finalização dos módulos, chegou a hora de transportá-los para a montagem.

Os blocos modulares têm mobilidade e podem ser transportados facilmente. No Brasil, como a maior parte do transporte é feita por rodovias, utilizamos caminhões para locomover nossos módulos até o canteiro de obras. Dependendo da situação da calamidade os módulos podem ser até transportados por aviões, como no caso da estrutura enviada pelo Ministério da Defesa para a reestruturação do hospital de Manaus, Fotografia 18.

Fotografia 18 – Material enviado pela Força Aérea para hospital de campanha



Fonte: Carlos Soares/SSP-AM e Força Aérea Brasileira, 2021.

- Montagem e Instalação

A última fase da construção modular consiste na montagem e instalação dos módulos. É bastante simples e rápida, pois a maior parte do trabalho de construção já foi feita no canteiro de obras, enquanto os módulos estavam sendo fabricados nas indústrias *off-site*. Com a chegada

dos blocos, as unidades individuais são içadas na fundação com auxílio de um guindaste e montadas no lugar especificado pelo projeto. Depois, à medida que as unidades são adicionadas, as equipes de montagem encaixam os blocos e pronto, Fotografia 19.

Fotografia 19 – Montagem de estruturas modulares



Fonte: Tecno Vent, 2017

#### 4.2.1.3. Eficiência

De acordo com a empresa Quick House (2020) para que o sistema atenda todos os requisitos normativos para ter uma maior eficiência do produto, seguimos o Quadro 3 para ter um controle de qualidade.

Quadro 3 – Planilha de Verificações de Atendimento às Normas Brasileiras

(continua)

ENTIDADE RESPONSÁVEL PERA AFERIÇÃO: LMCC/UFSM			DATA: 21/11/2001		
ENSAIO	NORMA NBR 15.575/13		RESULTADOS DOS ENSAIOS	CERTIFICADO/INSTITUIÇÃO	OBSERVAÇÃO/SITUAÇÃO
	IDENTIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO			
Isolação Sonora – Parede externa	Critérios Mínimos IPT	30 dB	Isolação 48 dB ISO 717-1	23484/UFSM	Atende
Isolação de Som Aéreo – Parede Interna	Critérios Mínimos IPT	30 dB	Isolação 36 dB ISO 140/III	843394/IPT	Atende
Impacto de Corpo Mole Parede Externa	MB 3256	Não sofrer ruptura ou instabilidade	- Sem danos na face externa -Quebra na placa de madeira -Sem prejuízo à segurança estrutural	23848/UFSM	Atende

Quadro 3 – Planilha de Verificações de Atendimento às Normas Brasileiras

(continuação)

ENTIDADE RESPONSÁVEL PELA AFERIÇÃO: LMCC/UFSM			DATA: 21/11/2001		
ENSAIO	NORMA NBR15.575/13		RESULTADOS DOS ENSAIOS	CERTIFICADO/INSTITUIÇÃO	OBSERVAÇÃO/SITUAÇÃO
	IDENTIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO			
Impacto de Corpo Duro Parede Externa	MB 3256	Não sofrer fissuras ou escamações ou dilaminações	- Sem alterações – afundamentos praticamente imperceptíveis	23848/UFSM	Atende
Impacto de Corpo Mole Parede Externa	CIENTE C Similar ao MB 3256	Não sofrer rupturas ou instabilidade	-Ruptura da parte externa de PVC* - Sem risco estrutural	156242/CIENTEC	*Atende* Revestimento anteriormente usado
Impacto de Corpo Mole Parede Interna	CIENTE C Similar ao MB 3257	Não sofrer rupturas ou instabilidade	Fissuramento e abaulamento na região do impacto	156242/CIENTEC	Atende
Impacto de Corpo Duro Parede Interna	CIENTE C Similar ao MB 3257	Não sofrer fissuras ou escamações ou dilaminações	-Ruptura da parte externa de PVC* - Sem risco estrutural	156242/CIENTEC	*Atende* Revestimento anteriormente usado
Impacto de Corpo Duro Parede Externa	CIENTE C Similar ao MB 3257	Não sofrer fissuras ou escamações ou dilaminações	Depressões circulares e rasgos do papelão	156242/CIENTEC	Atende em partes
Impacto de Corpo Duro Parede Externa	MB 3256	Não sofrer fissuras ou escamações ou dilaminações	-Sem alterações -Nada a declarar	842294/IPT	Atende
Flexão do Painel	Critérios mínimos do IPT	-Carga de 1,26kN no módulo Deslocamento máximo de 0,87 cm	-Carga de Ruptura do módulo – 13,1kN -Deslocamento na carga de trabalho – 0,13 cm	23797/UFSM	Atende
Flexão do Painel	Critérios mínimos do IPT	-Carga de 1,26kN no módulo Deslocamento máximo de 0,87 cm	-Carga de Ruptura do módulo – 13,1kN -Deslocamento na carga de trabalho – 0,13 cm	158749/CIENTEC	Atende

Quadro 3 – Planilha de Verificações de Atendimento às Normas Brasileiras

(conclusão)

ENTIDADE RESPONSÁVEL PELA AFERIÇÃO: LMCC/UFSM				DATA: 21/11/2001	
ENSAIO	NORMA NBR 15.575/13		RESULTADOS DOS ENSAIOS	CERTIFICADO/INSTITUIÇÃO	OBSERVAÇÃO/SITUAÇÃO
	IDENTIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÃO			
Compressão do Painel	Critérios mínimos do IPT	- Carga de serviço no módulo – 17,10 kN	Carga de Ruptura – 151 kN	23797/UFSM	Atende
Estanqueidade à Água	Critérios mínimos do IPT	- Não aparecimento de manchas na face oposta	Não houve aparecimento de manchas de Umidade nas faces de observação	154205/CIENTEC	Atende
Resistência no Painel OSB ao ataque de cupins	Critérios mínimos do IPT	- Não sofrer desgastes	Desgaste de 0 e 100% dos cupins mortos – IPT 1157	52090/IPT	Atende
Segurança ao Fogo	Critérios mínimos do IPT	15 a 30 min (Estabilidade e estanqueidade)	- Paredes de gesso acartonado PC30 a PC45 – Estabilidade e Estanqueidade por 30 a 45 minutos	838170 e 42847/IPT	Atende
Avaliação de Segurança Estrutural	-	-	Apresenta segurança estrutural	23865/UFSM	-
Avaliação de Conforto Térmico	-	-	- Paredes e telhado/forro apresentam de boa a ótima resistência térmica	23865/UFSM	-
Avaliação de Durabilidade	-	-	- Vida útil compatível àquelas construídas no sistema tradicional	23865/UFSM	-
Avaliação de Conforto Acústico	-	-	- Paredes externas - muito bom isolamento acústico - Paredes internas – bom isolamento acústico	23865/UFSM	-

Fonte: Quick House, 2020. Adaptado pelos autores, 2021.

#### 4.3. HOSPITAIS DE CAMPANHA MODULAR PELO BRASIL

Os esforços da engenharia na construção dos Hospitais de Campanha pelo país só aumentam, conforme aponta a Tabela 3, os fatores como número de casos, localização remota e dificuldade de acesso à tratamento são alguns dos fatores de decisão da sua implementação.

Sendo assim, a construção modular tem se mostrado uma grande aliada dos órgãos governamentais no combate ao novo coronavírus. Isso porque as medidas preventivas devem ser realizadas com a maior agilidade possível a fim de conter a propagação e evitar que o número de mortos aumente consideravelmente.

Tabela 3 – Exemplos de Hospitais de campanha modular pelo Brasil

<b>(continua)</b>			
<b>ESTADO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CAPACIDADE</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
São Paulo	4	Pacaembu – 202 leitos Anhembi – 1800 leitos Ibirapuera – 268 leitos Zona sul de SP – 100 leitos Total: 2370 leitos	Blog de Engenharia da Fluxo Consultoria e Tecverde Construções eficientes
Rio de Janeiro	11	Riocentro – 500 leitos Fiocruz – 200 leitos Nova Iguaçu – 500 leitos Maracanã – 400 leitos Leblon – 200 leitos Jacarepaguá – 200 leitos Duque de Caixas – 200 leitos Casimiro de Abreu – 100 leitos Nova Friburgo – 100 leitos Campos dos Goytacazes – 100 leitos São Gonçalo – 200 leitos Total: 2800 leitos	Conselho Estadual de Saúde do Rio de Janeiro
Goiás	1	Águas lindas – 200 leitos Total: 200 leitos	Secretaria de Estado de Saúde Governo de Goiás

Tabela 3 – Exemplos de Hospitais de campanha modular pelo Brasil

			(conclusão)
ESTADO	QUANTIDADE	CAPACIDADE	REFERÊNCIAS
Rio Grande do Sul	1	Hospital Independência de Porto Alegre – 60 leitos Total: 60 leitos	Blog Sienge
Distrito Federal	1	Ceilândia – 73 leitos Total: 73 leitos	Jornal de Brasília
Amazonas	1	Manaus – 80 leitos Total: 80 leitos	Prefeitura de Manaus

Fonte: Autores, 2021.

A tabela anterior aponta alguns estados brasileiros que implantaram a construção de hospitais de campanha com uma estrutura modular, para assistência hospitalar de caráter emergencial, para atendimento exclusivo de pacientes com Covid-19, forma-esta que ajuda a auxiliar o maior número possível de pessoas nesta dada situação de emergência pandêmica. Destacamos abaixo algumas das principais obras desses estados listados, sendo elas:

- São Paulo

A cidade de São Paulo foi a primeira do país a apresentar um caso de coronavírus e a partir desse momento se tornou o epicentro da doença. Sendo assim, a capital foi uma das primeiras a construir uma unidade móvel de saúde, conforme ilustra a Fotografia 20.

Fotografia 20 – Hospital de campanha do Pacaembu



Fonte: Blog de Engenharia da Fluxo Consultoria, 2020.

- Rio de Janeiro

O hospital de campanha com maior número de leitos construído em Rio de Janeiro, está localizado no Riocentro, de acordo com a Fotografia 21. Entretanto o primeiro hospital de campanha inaugurado no Rio de Janeiro foi o Hospital Lagoa-Barra, Leblon, com atendimento exclusivo para pacientes do SUS infectados com COVID-19.

Fotografia 21 – Hospital de campanha do Riocentro



Fonte: Blog de Engenharia da Fluxo Consultoria, 2020.

O Hospital Modular será um legado para a cidade de Nova Iguaçu, em Rio de Janeiro. O que poderá continuar operando no mesmo local ou ser desmontado e realocado em outro terreno, após a pandemia da covid 19 (Fotografia 22). "Estamos acompanhando o dia a dia da evolução pandemia. Esse hospital, no momento, ele é para Covid [...], mas, quando terminar essa pandemia, com a vacinação e outros cuidados normais, ele vai ser transformado em outro hospital [...]", detalhou o secretário estadual de Saúde, Carlos Alberto Chaves (*apud* HAIDAR, 2021).

Fotografia 22 – Montagem da estrutura modular em hospital



Fonte: G1. globo, 2020. Em reportagem do dia 27/04/2020. Foto de: Gustavo Fernandes/Divulgação/Seinfra

- Goiás

O Governo de Goiás, em parceria com os Ministérios da Saúde e Infraestrutura, também estruturou um hospital de campanha modular, localizado em Águas Lindas de Goiás (Fotografia 23). O governador Caiado (2020) explica: “É um hospital em módulos, que será instalado dentro de uma estrutura que depois será removida, mas é uma estrutura para 200 leitos[...]”.

Fotografia 23 – Montagem da estrutura do hospital de campanha modular em Águas Lindas de Goiás



Fonte: Secretaria de Estado de Saúde Governo do Estado de Goiás, 2020.

- Rio Grande do Sul

Construído pela empresa Brasil ao Cubo, o Centro de Tratamento de Combate ao novo Coronavírus (Covid-19), em Porto Alegre (Fotografia 24), foi construído de forma anexa ao Hospital Independência, teve sua entrega em um tempo recorde para a história da construção hospitalar no Brasil, com apenas 30 dias com um investimento no módulo de R\$ 10,4 milhões.

Fotografia 24 – Hospital Independência de Porto Alegre – Módulo Covid



Fonte: Gustavo Prata, Blog Sienge, 2021.

- Distrito Federal

O Hospital Modular, anexo ao Hospital Regional de Ceilândia (HRC) Fotografia 25, possui um pavimento térreo com cerca de 1.015 metros quadrados de construção. São 54 módulos hospitalares refrigerados e uma rampa de ligação para o HRC. A estrutura comporta 73 leitos de retaguarda sendo 70 de enfermaria e três com suporte respiratório. A estrutura reforça o número de leitos do HRC que, passou a atender exclusivamente os pacientes com Covid-19.

Fotografia 25 – O Hospital Modular de Ceilândia



Fonte: Redação Jornal de Brasília, 2021.

- Amazonas

Considerada referência para atendimento de pessoas infectadas pelo novo coronavírus, a unidade modular anexa ao Hospital Nilton Lins, Fotografia 26, receberá pacientes com quadros moderados e leves da doença. A reabertura tem objetivo desafogar outros estabelecimentos de saúde, esclarece Rodrigues (2021) da Agência Brasil.

Fotografia 26 – Hospital de campanha modular em anexo ao Nilton Lins, no Amazonas. A- Hospital convencional Nilton Lins. B- Posto de triagem. C- Estrutura modular do tipo container. D- Hospital de campanha de tenda Militar



Fonte: Agência Brasil, 2021. Adaptado pelos autores, 2021.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do ramo da construção civil no Brasil ainda ser um setor muito defasado se comparado com países desenvolvidos, estudos demonstram que o mesmo vem implementando inovações de várias naturezas, que, em alguns casos, representam mudanças apenas incrementais e em outras situações representam mudanças significativas na execução do produto final, dos processos construtivos e organizacionais. Diante disto, a utilização de técnicas construtivas inovadoras se tornou uma vantagem e também uma necessidade de minimizar impactos causados pelo coronavírus no mundo.

De acordo com a análise comparativa entre os hospitais e escolas realizado no presente trabalho, a construção de hospitais certamente é a mais viável, ainda mais levando em consideração a atual situação mundial. Muitos países e inclusive o Brasil, têm investido na construção modular como alternativa para situações de calamidade pública, para evitar o colapso dos sistemas de saúde, uma vez que ela possibilita a edificação rápida de hospitais de campanha.

A construção modular se encaixa no conceito de construção industrializada, que alia as visões da manufatura a da construção civil, onde estruturas como colunas, vigas e demais elementos são transportados prontos da fábrica, eles saem de uma linha de produção da construtora e são montados no canteiro da obra. Não há necessidade de enormes quantias de areia, cimento, concreto, vergalhões, tijolos e outros materiais indo e vindo, o que melhora a organização do canteiro e a movimentação dos trabalhadores, gerando assim, uma segurança redobrada e uma diminuição dos acidentes de trabalho. Desta forma, a industrialização e racionalização do processo construtivo se tornou uma técnica mais rentável e sustentável. Estas técnicas estão abrindo caminhos para a crescente utilização de sistemas alternativos, como no caso do modelo construtivo modular *Light Steel Frame*, que é um material leve e não utiliza paredes maciças, reduzindo o consumo de material desde a fundação por não necessitar de superestruturas. A execução do LSF funciona como um manual de montagem, que se bem planejado reduz significativamente a geração de resíduos.

Por meio do estudo de caso realizado, evidenciou-se que a construção em LSF oferece inúmeros benefícios técnicos e construtivos, como a flexibilidade de projeto, a redução na sobrecarga estrutural associada a uma elevada resistência, alto grau de industrialização e sustentabilidade. Essas características tornam-se atrativos tanto para o construtor e investidor quanto para o cliente. Além disto tudo, outro ponto positivo do LSF, é a celeridade no processo

construtivo o que pode sanar a demanda hospitalar que aumentou significativamente de uma hora para outra no ano de 2020.

Como resultado final do estudo realizado neste trabalho, tem-se a constatação de que o método construtivo LSF corresponde a uma importante alternativa para o mercado da construção civil, pois além de otimizar recursos, contribui diretamente com a fidelidade do prazo menor de entrega da obra garantindo um retorno financeiro mais rápido, tornando a construção uma ótima forma de investimento.

Dessa forma, é possível afirmar que os objetivos propostos nesse estudo foram alcançados, pois com as amplas pesquisas e análises realizadas no presente trabalho, a adoção do LSF se mostrou a mais eficiente e benéfica para construção de hospitais de campanha neste momento de calamidade pública causada pelo COVID-19. Concluindo-se, à vista de tudo, que a arquitetura modular se encaixa em uma construção emergencial.

#### 5.1. RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Elaborar uma análise qualitativa em hospitais de campanha.
- Comparativo financeiro do processo construtivo modular e convencional.
- Elaborar um estudo de manifestações patológicas em edificações modulares existentes, no período de 10 anos.

## REFERÊNCIAS

- AECWEB. **Conforto acústico do drywall depende da combinação com outros materiais.** [S.l.]. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/conforto-acustico-do-drywall-depender-da-combinacao-com-outros-materiais/15469>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- ALENCAR, Lívia Braga Sydrião de. RABELO, Udinart Prata. *et al.* **Lean Construction.** [S.l.] 2012. Disponível em: <https://petcivil.ufc.br/portal/wp-content/uploads/2012/02/Lean-Cosntruction-v1.pdf>. Acesso em: 30 out. 2020.
- ALICERCE, EMPRESA JÚNIOR. **Tudo sobre as Construções de Hospitais de Campanha no Brasil na pandemia do Covid-19.** [S.l.] 15 maio, 2020. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/tudo-sobre-as-construcoes-de-hospitais-de-campanha-no-brasil-na-pandemia-do-covid-19/>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- AMARAL, Leandro. **Wood Frame:** Tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/wood-frame/>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- ARRUDA, Victor. **Logística na Construção Civil.** Fortaleza, 21 fev. 2018. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/logistica-na-construcao-civil/>. Acesso em 24 out. 2020.
- ARRUDA, Victor. **Os 7 princípios do lean construction.** Fortaleza, 29 set. 2017. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/principios-construcao-enxuta/>. Acesso em: 20 out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Parede.** São Paulo. Disponível em: <https://drywall.org.br/parede/>. Acesso em: 29 out. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873:** coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:** aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - especificação. Rio de Janeiro: ABNT 2007.
- ASSOCIAÇÃO PAULISTA PARA O DESENVOLVIMENTO DA MEDICINA. São Paulo, 02 jul. 2015. Disponível em: <https://www.spdm.org.br/imprensa/noticias/item/1746-a-importancia-social-do-hospital-vai-muito-alem-do-atendimento-medico>. Acesso em: 30 abr. 2021.
- BARELA, Patrícia Camila. **A importância da educação na construção de uma sociedade mais justa.** [S.l.] ago. 2018. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/69263/a-importancia-da-educacao-na-construcao-de-uma-sociedade-mais-justa#:~:text=A%20educa%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20imprescind%C3%ADvel%20para,atos%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20aos%20outros>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- BARROS, Jevandro. **O que é industrialização na construção e por que investir nisso?** [S.l.] 15 abr. 2020. Disponível em: <https://blogdaliga.com.br/o-que-e-industrializacao-na-construcao-e-por-que-investir-nela/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

BASTOS, Raphael de C. S. C. **Da coordenação modular à construção modular: Estudos de caso.** Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira 2015. 90 f. TCC (Graduação) - Engenharia Civil Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139133/000864747.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BEKAERT, Belgo. **Industrialização da construção civil: quais os desafios e oportunidades para o setor?** [S.l.] 13 ago. 2018. Disponível em: <https://blog.belgobekaert.com.br/construcao-civil/industrializacao-da-construcao-civil-quais-os-desafios-e-oportunidades-para-o-setor/>. Acesso em: 24 out. 2020.

BLESS, Sistemas. **Programa 5S - o que é? Como implementar?** [S.l.] 17 dez. 2019. Disponível em: <https://blessistemas.com.br/blog/programa-5s-o-que-e-como-implementar>. Acesso em: 25 out. 2020.

BONAFÉ, Gabriel. **Como são feitas as estruturas pré-fabricadas de concreto.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-sao-feitas-as-estruturas-prefabricadas-de-concreto/15878>. Acesso em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-sao-feitas-as-estruturas-prefabricadas-de-concreto/15878>. Acesso em: 29 out. 2020.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. p.18, 118 - 119.

CAMPOS, Alessandro de Souza. **O que é o Light Steel Framing.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>. Acesso em: 28 out. 2020.

CBIC`S AGENCY. **Artigo: As estruturas metálicas e o combate à Covid-19.** [S.l.] 15 abr. 2020. Disponível em: [https://cbic.org.br/en\\_US/artigo-as-estruturas-metalicas-e-o-combate-a-covid-19/](https://cbic.org.br/en_US/artigo-as-estruturas-metalicas-e-o-combate-a-covid-19/). Acesso em: 28 abr. 2021.

CONSELHO ESTADUAL DE SAÚDE RJ. **Covid-19: Estado do RJ terá 13 unidades provisórias de saúde com total de 2.840 leitos.** Rio de Janeiro, 20 abr. 2020. Disponível em: <http://www.conselhodesaude.rj.gov.br/noticias/968-covid-19-estado-do-rj-tera-13-unidades-provisorias-de-saude-com-total-de-2-840-leitos.html>. Acesso em: 17 maio. 2021.

CUNHA OLIVEIRA, João Victor da *et al.* **Investigação das vantagens e desvantagens que ratificam a utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto.** Pernambuco, Paraíba, 2017. Disponível em: [http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO\\_EV081\\_MD1\\_SA119\\_ID887\\_22082017175359.pdf](http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/join/2017/TRABALHO_EV081_MD1_SA119_ID887_22082017175359.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

D´AMBRÓSIO, U. Prefácio. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.) **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

EDIFICARJR. **Industrialização na Construção Civil.** São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.edificarjr.ufscar.br/a-industrializacao-na-construcao-civil/>. Acesso em: 24 out.2020.

FIGUEIREDO, Mônica *et al.* **PREFEITURA DE MANAUS. Referência durante a pandemia, hospital de campanha voltará a ser escola.** Amazonas, 14 jun. 2020. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/noticia/hospital-campanha-pandemia-escola/>. Acesso em: 14 maio. 2021.

FONSECA, Marcelo. **A Construção Modular e sua utilização nos hospitais de campanha.** Disponível em: [https://www.aecweb.com.br/cont/a/a-construcao-modular-e-sua-utilizacao-nos-hospitais-de-campanha\\_20245](https://www.aecweb.com.br/cont/a/a-construcao-modular-e-sua-utilizacao-nos-hospitais-de-campanha_20245). Acesso em: 20 out. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p. v. 1.

GIROTTI, Marcio Tadeu. **Metodologia científica.** Curitiba: Dtcom, 2017.

GOIÁS. Secretaria de estado de saúde. **Governo de Goiás prepara hospital de campanha modular em Águas Lindas.** Goiás, 09 abr. 2020. Disponível em: <https://www.saude.go.gov.br/coronavirus/noticias-coronavirus/10787-governo-de-goias-prepara-hospital-de-campanha-modular-em-aguas-lindas>. Acesso em: 13 maio. 2021.

GOODE, W. J.; HATT, P. **Métodos em Pesquisa Social.** São Paulo. Companhia Editora Nacional, 1979.

Haidar, Diego. **Governo do RJ inaugura Hospital Modular de Nova Iguaçu, na Baixada Fluminense.** Rio de Janeiro, 03 abr. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/04/03/governo-do-rj-inaugura-hospital-modular-de-nova-iguacu-na-baixada-fluminense.ghtml>. Acesso em: 18 maio 2021.

INOVASOCIAL. **Thinking huts: conheça a primeira escola impressa em 3d do mundo.** [S.l.] 25 fev. 2021. Disponível em: <https://inovasocial.com.br/tecnologias-sociais/thinking-huts/>. Acesso em: 30 nov. 2020.

JORNAL DE BRASÍLIA. **Hospital Modular do HRC começa a funcionar nesta segunda-feira (12).** Brasília, 12 jul. 2020. Disponível em: <https://jornaldebrasil.com.br/brasil/hospital-modular-do-hrc-comeca-a-funcionar-nesta-segunda-feira-12/>. Acesso em: 15 maio 2021.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada.** Curitiba: Intersaberes, 2014.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Center for Integrated Facility Engineering – CIFE, Stanford University, Stanford – EUA, Technical Report n. 72, 1992.

LIMA, Tomás. **O que é Construção Enxuta e Dicas para Aplicar.** [S.l.] 30 jan. 2019. Disponível em: <https://www.sience.com.br/blog/o-que-e-construcao-enxuta/>. Acesso em 20 out. 2020.

MACENO, Lucas. **Tecverde e o desafio de construir cinco hospitais em tempo recorde para salvar vidas.** [S.l.] 22 fev. 2021. Disponível em: <https://opopularpr.com.br/tecverde-e-o->

desafio-de-construir-cinco-hospitais-em-tempo-recorde-para-salvar-vidas/. Acesso em: 16 mar. 2021.

MARTINS, Everton. **Análise de dados: o que é, metodologia e tipos de análise**. [S.l.], 26 ago. 2017. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/analise-de-dados/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

MAY, Paulo Roberto. **LEAN CONSTRUCTION** – Produção Enxuta. 2019. Apostila Controle e Garantia da Qualidade na Construção Civil (curso de engenharia elétrica), Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Palhoça, 2019 B.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **5 princípios para implementar o Lean Construction e otimizar processos da obra**. [S.l.], 02 jan. 2019. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/lean-construction-principios/>. Acesso em: 20 out. 2020.

NOVELLI, Rafael Passos. **O que é construção enxuta?** Disponível em: <https://www.novesengenharia.com.br/conheca-as-vantagens-da-construcao-enxuta/>. Acesso em: 20 out. 2020.

OBSERVATÓRIO DE POLÍTICA E GESTÃO HOSPITALAR. **Leitos privados sob a gestão do SUS na pandemia de COVID-19**. [S.l.] 22 abr. 2021. Disponível em: <https://observatoriahospitalar.fiocruz.br/conteudo-interno/leitos-privados-sob-gestao-do-sus-na-pandemia-de-covid-19>. Acesso em: 28 abr. 2021.

OLIVEIRA, Paulo. **Modular Building: Benefícios da Construção Modular**. [S.l.] 04 abr. 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/modular-building/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

PEDERIVA, P. F. **Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco**. Monografia [Graduação em Engenharia Civil] - Ijuí, RS: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.

PRATA, Gustavo. **Construção a seco mostra sua eficiência e rapidez em obras hospitalares**. [S.l.] 19 abr. 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-a-seco-obras-hospitalares/>. Acesso em: 13 maio. 2021.

QUICK HOUSE - O LEGO DA CONSTRUÇÃO. Material De Apoio. Site. Disponível em: <http://www.quickhouse.com.br/material-de-apoio>. Acesso em: 08 nov. 2020.

REIS, Camila Candida Compagnoni dos. *et al.* **Construção enxuta, proposta de diagnóstico e análise do canteiro de obras**. [S.l.], 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/201-1473-1-PB.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.

REVOREDO, Ricardo Coelho *et al.* **Sistema construtivo modular aplicado na execução de uma penitenciária: o caso de cariri- TO**. Palmas, TO, 2019. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/sistema\\_construtivo\\_modular\\_revisado.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/sistema_construtivo_modular_revisado.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

RISSI, Lidiane. **China está construindo hospital em dez dias para pacientes de coronavírus. Qual será o sistema construtivo?** Paraná, 31 jan. 2020. Disponível em: <https://www.jornaldebetrato.com.br/colunista/lidiane-rissi/13951/china-esta-construindo-hospital-em-dez-dias-para-pacientes-de-coronavirus-qual-sera-o-sistema-construtivo-/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

RODRIGUES, Alex. **Hospital Nilton Lins reabre para pacientes com a covid-19 no Amazonas.** Brasília, 26 jan. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-01/hospital-nilton-lins-reabre-para-pacientes-com-covid-19-no-amazonas>. Acesso em: 15 maio 2021.

SEBRAE. **Lean Construction: Uma mudança necessária.** [S.l.] ago. 2016. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/915da34f0af2e4e29793825ac33833bf/\\$File/7252.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/915da34f0af2e4e29793825ac33833bf/$File/7252.pdf). Acesso em: 22 out. 2020.

SILVA, Arthur. **Alvenaria estrutural: o que é e como fazer?** [S.l.] 2015. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/alvenaria-estrutural/#:~:text=A%20alvenaria%20estrutural%20n%C3%A3o%20pode,todo%20o%20peso%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o..> Acesso em: 20 out. 2020.

SILVA, Matheus Freire *et al.* **Lean Construction, como os princípios do Sistema Toyota de Produção podem contribuir para construções mais enxutas, produtivas e sustentáveis: Um estudo de caso na construtora Andrade Gutierrez.** Belo Horizonte, v. 8, n. 15, p. 94-95, jan./jun. 2018

SOUZA, Beatriz Cassiano de, e CABETTE, Regina Elaine Santos. **Lean Construction – Exemplos e Teses para Aplicação dos Princípios da “Construção Enxuta” no Brasil.** [S.l.], nov. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/320930679\\_LEAN\\_CONSTRUCTION-EXEMPLOS\\_E\\_TESSES\\_PARA\\_APLICACAO\\_DOS\\_PRINCIPIOS\\_DA\\_CONSTRUCAO\\_ENXUTA\\_NO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/320930679_LEAN_CONSTRUCTION-EXEMPLOS_E_TESSES_PARA_APLICACAO_DOS_PRINCIPIOS_DA_CONSTRUCAO_ENXUTA_NO_BRASIL). Acesso em: 20 out. 2020.

SSPINELLI, Ana. **Wood Frame.** [S.l.] 06 jun. 2016. Disponível em: <https://arquitetesuasideias.com.br/2016/06/06/wood-frame/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

THÓRUS, Engenharia. **Industrialização da construção: tendências para a nova década.** [S.l.] 19 jun. 2020. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/blog/industrializacao-da-construcao-tendencias-para-a-nova-decada/>. Acesso em: 25 out. 2020.

TRISUL, Universidade. **Construção modular: Perspectivas e Desafios.** Disponível em: <https://www.universidadetrisul.com.br/trisul-news/construcao-modular-perspectivas-e-desafios>. Acesso em: 18 mar. 2021.

VISIA, Engenharia. **3 Dicas para construir uma obra modular com qualidade e segurança.** [S.l.] 21 ago. 2020. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/dicas-construir-obra-modular/>. Acesso em 24 abr. 2021.

VISIA, Engenharia. As 4 Etapas da Construção Modular. [S.l.] 20 maio. 2020. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/o-poder-da-construcao-modular-em-meio-a-cri-se-do-coronavirus/>. Acesso em 22 abr. 2021.

VISIA, Engenharia. **Construção modular para escolas:** construindo uma escola modular com a Visia. [S.l.] 21 ago. 2020. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/construcao-modular-para-escolas-com-a-visia/>. Acesso em: 24 abr. 2121.

VISIA, Engenharia. **O poder da construção modular em meio à crise do coronavírus.** [S.l.] 21 ago. 2020. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/o-poder-da-construcao-modular-em-meio-a-cri-se-do-coronavirus/>. Acesso em 24 abr. 2021.

VIVADECORA. **O drywall:** o que é e como. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/o-que-e-drywall/>. Acesso em: 29 out. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método.** 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001