

Sistemas construtivos emergenciais aplicados na pandemia de Covid-19.

Brenda Rossi Parente; Giovanna Inglada Lorena Braga; Giulia de Campos Oliveira Scardua

Orientador: Julio Fernandes Gonçalves

Resumo: De tempos em tempos, a humanidade enfrentou diversas catástrofes, como crises, guerras, desastres naturais, epidemias e outras circunstâncias, que geram problemas colossais à vida, sociedade e economia. Nestes momentos a ciência estuda e desenvolve projetos para minimizar de forma rápida e eficaz todos os impactos negativos, seja na produção de uma cura, realização de acordos, construção e partilha de abrigos, e outras respostas urgentes.

No setor da arquitetura e engenharia civil não foi diferente, a necessidade de construções eficientemente rápidas e efêmeras foi sendo desenvolvida por diversos engenheiros e arquitetos, que criaram e aprimoraram os sistemas estruturais.

O surgimento do Sars-Cov-2 (COVID-19), originou uma pandemia, sendo necessário o esforço global para combatê-lo. Devido a alta taxa de transmissão e mortalidade o sistema de saúde entrou em colapso.

A construção de estruturas emergenciais de saúde, como hospitais e centros de acolhimento, foi altamente necessária para atender as demandas causadas pelo vírus.

Este artigo apresentará as estruturas emergenciais mais utilizadas durante a pandemia de COVID-19, demonstrando suas características principais, as vantagens e desvantagens e os hospitais que ganharam mais notoriedade, aplicados a cada tipo de sistema construtivo.

Palavras-chave: Sistemas; Construções; Emergenciais; Hospitais; COVID-19;

Emergency building systems applied in the Covid-19 pandemic.

Abstract: From time to time, humanity has faced various catastrophes, such as crises, wars, natural disasters, epidemics and other circumstances, which generate colossal problems to life, society and economy. In these moments, science studies and develops projects to quickly and effectively minimize all negative impacts, whether in the production of a cure, making agreements, building and sharing shelters, and other urgent responses.

In the architecture and civil engineering sector it was no different, the need for efficiently fast and ephemeral constructions was being developed by several engineers and architects, who created and improved the structural systems.

The emergence of Sars-Cov-2 (COVID-19), originated a pandemic, requiring a global effort to combat it. Due to the high rate of transmission and mortality, the health system collapsed.

The construction of emergency health structures, such as hospitals and reception centers, was highly necessary to meet the demands caused by the virus.

This article will present the most used emergency structures during the COVID-19 pandemic, demonstrating their main characteristics, the advantages and disadvantages and the hospitals that have gained more notoriety, applied to each type of constructive system.

Keywords: Systems; Constructions; Emergency; Hospitals; COVID-19;

1. Introdução

Em dezembro de 2019 foi divulgado em todas as mídias mundiais que havia eclodido um vírus em Wuhan na China, nomeado como Sars-Cov-2. Com uma dispersão acelerada o vírus atingiu patamar mundial, causando diversas internações e óbitos diários.

Devido à alta transmissão, essa situação gerou uma preocupação não só na área da saúde, mas em todos os setores que tiveram que se adaptar imediatamente às recomendações e restrições informadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Mediante a insuficiência de leitos para a internação dos pacientes nos hospitais, foi necessário que o setor da arquitetura e engenharia civil tivesse que desenvolver espaços para assistência ao setor de saúde, assegurando atendimento a todos infectados em um curto período.

Os sistemas construtivos emergenciais foram as soluções encontradas para essa crise, pois desempenharam funções de atendimento rápido à necessidade da população em estado de adversidade. Deste modo, durante a pandemia pôde-se observar a aplicação destes métodos na adaptação de espaços preexistentes e construção de novos hospitais, os chamados “hospitais de campanha”. (ANDRADE, 2021).

Este artigo demonstrará os sistemas construtivos emergenciais mais utilizados durante a pandemia entre 2019 e 2021, destacando suas principais características, vantagens, desvantagens e aplicações. Apresentando também o hospital de campanha construído por um dos métodos emergenciais em Wuhan na China, que ganhou maior notoriedade, pois levou apenas 12 dias para ser finalizado.

2. Os métodos construtivos e suas características

Desde o surgimento dos primeiros casos de infecções virais causadas pelo COVID-19 no mundo, as empresas de construção juntamente com os órgãos de saúde trabalharam no desenvolvimento dos espaços para atendimento de todos os infectados.

As soluções encontradas foram as aplicações dos métodos construtivos que demandam um menor tempo para serem projetados e construídos, sendo favoráveis na implantação das medidas de ação contra a pandemia. Portanto será apresentado os 5 tipos mais utilizados ao redor do mundo, sendo eles: sistema de divisórias, sistema pneumático, sistema tênsil, sistema flat-pack e sistema modular.

Existe também o sistema de construção in loco que é mais utilizado em situações de catástrofes naturais e abrigos de emergência. Este sistema usa os materiais e mão-de-obra disponíveis no local da construção, o que torna os custos de implantação mais baratos (RUGOLO, 2022).

2.1 Sistema de Divisórias

Aplicado a construções pré-existentes que necessitam de uma adaptação emergencial, este sistema pode ser implementado em locais como estádios, escolas, parques, etc. Foi utilizado para criar espaços de isolamento e triagem de pacientes.

Em Wuhan, na China, o sistema foi aplicado em seu Centro de Convenções, Centro de Exibições e no Hospital Temporário do Estádio Wuhan Hongshan. Estas unidades de tratamento demonstraram atenção na separação dos espaços, também compreenderam funções de tratamentos cirúrgicos, emergenciais e os testes clínicos necessários (RUGOLO, 2022).

Figura 1 – Sistemas de divisórias utilizadas no Riocentro - Rio de Janeiro, Brasil



Fonte: CAURJ (2020)

2.2 Sistema Pneumático

As estruturas pneumáticas ou infláveis são constituídas por uma membrana fina e resistente, pressurizada com ar (ANDRADE, 2021). Esse método se enquadra como uma estratégia eficiente, pois permite a criação de estruturas de grande porte, leves, de fácil transporte e de curta velocidade em sua montagem (PERES, 2013).

Sobretudo, encontra-se algumas desvantagens, como a resistência ao carregamento exercido pelo vento e seu esvaziamento acidental em casos de furos ou falhas no fornecimento de ar, além da necessidade constante de energia elétrica para manter o pressurizador em funcionamento, mantendo a tenda inflada. (ANDERS, 2007).

O sistema pneumático foi utilizado para construir o *Hospital de Campaña Hinchable*, em 2020, localizado na cidade de Pachuca, México. Com cerca de 1.200 m² e projetado para atender até 80 pacientes por dia com 50 leitos (sendo dez Unidades de Terapia Intensiva), possuindo salas de cirurgia isoladas e salas de visitas. O centro de atendimento foi equipado com respiradores e monitores cardiorrespiratórios, preparado para funcionar 24h por dia, a clínica também empregava cerca de 200 profissionais de saúde (CNN BRASIL, 2020).

Figura 2 – Hospital em Pachuca, México



Fonte: SOTA (2020)

A obra foi finalizada em apenas três dias, possibilitando uma rápida resposta aos cenários de emergência como o da atual pandemia. Este hospital custou cerca de 20 milhões de pesos mexicanos, equivalente a 4 milhões e trezentos reais na cotação do ano de 2020.(CNN BRASIL, 2020)

Figura 3 – Interior do hospital em Pachuca, México



Fonte: SOTA (2020)

2.3 Sistema Tênsil

O sistema tênsil ou tensile, é constituído essencialmente com uma armação rígida de aço ou alumínio, que trabalha à compressão, sustentando uma fina membrana, que pode ser uma lona ou, recentemente mais utilizado, um composto de poliéster coberto por PVC, que trabalha tensionado (ANDERS, 2007).

Uma das características principais que se pode notar neste tipo de estrutura emergencial é a flexibilidade da execução, como uma tenda simples de pequeno porte ou até grandes galpões. Também são encontradas armações em outros materiais como madeira, ou até compostos de plástico, o que facilita a execução e faz deste método o mais flexível entre os outros existentes (ANDRADE, 2021).

Devido a simplicidade de montagem e desmontagem das estruturas tênsis, estas foram adotadas em diversos países durante a pandemia. Os hospitais do William Osler Health System, localizados no Canadá, por exemplo, utilizaram tendas temporárias (Figura 4) para auxiliar no aumento da capacidade de atendimento e montar locais de triagem entre infectados e não-infectados (ANDRADE, 2021).

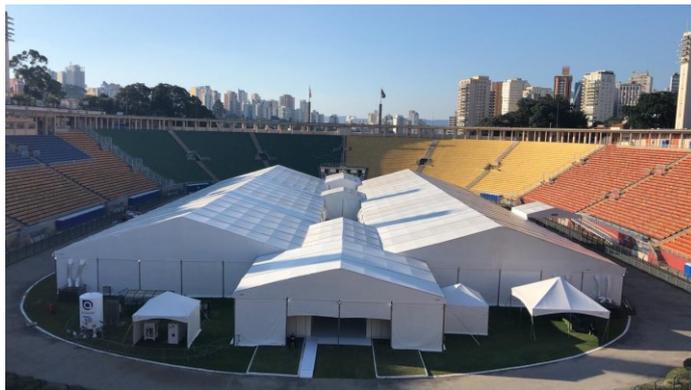
Figura 4 – Área de triagem temporária erguida nas instalações do Hospital Cívico de Brampton e do Hospital Geral de Etobicoke



Fonte: HARRIS (2020)

No Brasil, a maioria dos hospitais de campanha executados foram neste sistema, as instalações ocorreram, por exemplo, em alguns estádios brasileiros como: o Pacaembu, em São Paulo (Figura 5), o Mané Garrincha, em Brasília, o Maracanã, no Rio de Janeiro, a Arena Fonte Nova, na Bahia, entre outros. As capacidades destes hospitais temporários variavam entre 100 até 500 leitos (SUMMIT SAÚDE BRASIL, 2020).

Figura 5 – Hospital de campanha montado no Estádio do Pacaembu



Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO (2020)

2.4 Sistema Flat-Pack

O sistema Flat-Pack, como diz o próprio nome, é composto por elementos modulares que são transportados desmontados, ao chegar ao seu local de implantação são necessárias diferentes mão-de-obras, como, estrutural, elétrica, hidráulica, etc.

Figura 6 – Hospital de campanha do estado do Rio de Janeiro



Fonte: QUICKHOUSE (2021)

Devido a facilidade ao transportar os componentes estruturais, o sistema flat-pack foi utilizado durante a pandemia em alguns hospitais como o de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro (Figura 6). Trata-se do maior hospital modular da América do Sul, com capacidade para 300 leitos, cada 100 deles em três módulos.

2.5 Sistema Modular

Sistemas modulares são módulos individuais pré-fabricados construídos fora do canteiro de obras, sendo assim ele não possui o processo de uma obra convencional, apenas de produção (fábrica) e montagem (local de instalação) (VUOLO,2021).

Esse método de construção pode se classificar em duas classes:

- Unidade Offsite, apenas sendo necessária a ligação de sua rede de esgoto, eletricidade e água (FLEXMADE,2021).

Figura 7 – Posto médico offsite da Multiteiner.



Fonte: MULTITEINER (2020)

- Unidade Modular, possível a conexão de novos módulos para ampliação de seu tamanho. (FLEXMADE,2021).

Figura 8 – Unidade Modular para atendimento da COVID19.



Fonte: NSM (2021)

Essa metodologia se torna atrativa pois trata-se de uma construção que envolve atividades diversificadas no mesmo período, gerando custos e prazos reduzidos.

Podendo ser considerado um dos métodos mais utilizados para as construções de hospitais na pandemia, nota-se diversos exemplos: como em Jacarta (Indonésia), Nur-Sultan (Cazaquistão), Moscou (Rússia), Wuhan (China) e entre outros. Porém os que ganharam maior visibilidade, foram os hospitais Lishenshan e Huoshenshan na cidade de Wuhan na China. (ANDRADE, 2021)

2.6 Comparação dos sistemas emergenciais

De acordo com o artigo da Revista Projetar, é possível escolher alguns hospitais “referências” divididos em continentes e países, e verificar a aplicação dos sistemas construtivos emergenciais, conforme apresentado na tabela 1:

Tabela 1 - Resumo Sistemas Construtivos

| País | Nome-Local | Sistemas Construtivos | | | | |
|---------|--|--|-----------|------------|--------|------------|
| | | Modular | Flat-Pack | Pneumático | Tênsil | Divisórias |
| Ásia | Wuhan Hongshan Stadium - Wuhan | | | | | ✓ |
| | Exhibition Centre - Wuhan | | | | | ✓ |
| | Wuhan Internacional Convention- Wuhan | | | | | ✓ |
| | China | Wuhan Salon - Wuhan | | | | ✓ |
| | | Lishenshan Hospital - Wuhan | ✓ | | | |
| | | Zhengzhou Qiboshan Hospital - Zhengzshou | ✓ | | | |
| | | Huoshenshan Hospital - Wuhan | ✓ | | | |
| | Indonésia | Bobox - Jacarta e West Java | ✓ | | | |
| | | Island of Galand | ✓ | | | |
| | Cazaquistão | Nur-Sultan | ✓ | | | |
| Europa | Rússia | Moscou | ✓ | | | |
| | Noruega | Emergency Modular Hospital MMW Architects | | | ✓ | |
| | Inglaterra | NHS Nightingale Hospital Birmigham - London | | | | ✓ |
| | Itália | Cura | ✓ | | | |
| | EUA | Jupe - Texas | | ✓ | | |
| América | Canadá | William Osler Health System - Toronto | | | | ✓ |
| | | Peter Lougheed Hospital - Alberta | | | | ✓ |
| | México | Hospital de Emergência Inflável - Pachuca | | | ✓ | |
| | | Expominas - Minas Gerais | | | ✓ | |
| | | Estádio Mané Garrincha - Brasília | | | ✓ | |
| | Brasil | Estádio Pacaembu - São Paulo | | | | ✓ |
| | | Estádio Maracanã - Rio de Janeiro | | | | ✓ |
| | | Estádio Fonte Nova - Bahia | | | | ✓ |
| | Estádio Presidente Vargas - Ceará | | | | ✓ | |

Fonte: Adaptado de ANDRADE, 2021

Analisando as características de construção e implantação dos hospitais de campanha, divididos em cada método construtivo, pode-se construir uma tabela, apresentada abaixo, que reúne as principais vantagens e desvantagens de cada um deles.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos

| MÉTODO | VANTAGENS | DESvantagens |
|------------------------|---|---|
| Sistema Flat-Pack | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de reutilização posterior para outra finalidade; • Possibilidade de isolamento de pacientes; | <ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra especializada; • Elevado custo de implantação; • Necessidade de muitos equipamentos para a implantação. • Sua montagem é mais vagarosa em relação aos outros sistemas. |
| Sistema Tênsil | <ul style="list-style-type: none"> • Agilidade na construção; • Possibilidade de armazenamento e reutilização posterior em outro local. | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de uso temporário; • Não é muito utilizado em tratamentos avançados e específicos, devido ao isolamento. |
| Sistemas de divisórias | <ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento do espaço pré existente disponível; • Não é necessário mão de obra específica; • Sistema de aplicação prática. | <ul style="list-style-type: none"> • Não é possível reaproveitamento do sistema em outro local; • Não é muito utilizado em tratamentos avançados e específicos, devido ao isolamento; • Sistema de uso temporário. |
| Sistema Pneumático | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de execução de estruturas de grande porte, leves e de fácil transporte em pouco tempo; • Agilidade na execução e criação de espaços. | <ul style="list-style-type: none"> • Necessidade constante de energia elétrica para manter o pressurizador de ar funcionando; • Não é muito utilizado em tratamentos avançados e específicos, devido ao isolamento. • Sistema de uso temporário. |
| Sistema Modular | <ul style="list-style-type: none"> • Agilidade na construção; • Possibilidade de isolamento de pacientes; • Possibilidade de reutilização posterior para outra finalidade; | <ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra especializada; • Necessita de grandes espaços para ser implantado. |

Fonte: Adaptado de RUGOLO, 2021

Cabe neste momento concluir que cada continente utiliza o método construtivo que melhor se adapta às necessidades de isolamento, rapidez na construção, além da facilidade nas questões logísticas de abastecimento (fontes de energia, água, esgoto e etc).

Conforme demonstrado na tabela 1, o continente asiático optou pela utilização do sistema modular e de divisória, já o continente americano e europeu tiveram uma ampla utilização do sistema tênsil. Muitos estádios de futebol mundialmente famosos, além de quadras de basquete, e outros esportes também foram transformados em hospitais de campanha (THOMPSON, 2020).

Os sistemas flat-pack e pneumáticos foram menos utilizados devido às particularidades na execução, conforme apresentado na tabela 2. Aqueles que já têm estudos avançados, como é o caso do sistema modular e tênsil, foram de extrema importância no atendimento aos pacientes infectados com o Coronavírus.

Adequa-se a este momento introduzir o sistema modular, um dos sistemas que ganhou grande destaque durante a pandemia. Pode-se considerar que ele supre as funcionalidades, sendo elas: a velocidade na construção, custo de implantação, sustentabilidade, etc. (LAFATE, 2022). Por estes motivos, ganhou ampla visibilidade no continente asiático, epicentro do coronavírus, possibilitando a construção de um hospital de 79.900 m² em 12 dias (CHEN, 2021). Por fim, este artigo demonstrará como funciona a execução deste sistema.

3. ESTUDO DE CASO - HOSPITAL LEISHENSHAN

3.1 Introdução ao sistema modular

Em linhas gerais foi notado que a China influenciou diretamente a solução para outros países, através do seu modelo de hospital de campanha, baseado em um sistema modular.

Para iniciar a apresentação do hospital e justificar a sua notoriedade mundial, é necessário mencionar sobre o sistema estrutural, motivo que o capacitou de ser fundado e entregue em um período curto comparado às construções em métodos convencionais.

Com o objetivo de fundamentar a posterior apresentação do estudo de caso, serão apresentados então, os processos de fabricação, transporte, montagem e algumas vantagens e desvantagens.

3.1.1 Fabricação

O método de fabricação deste sistema é executado em unidades modulares pré-fabricadas, ou seja, toda a montagem dos módulos é feita em uma unidade fabril e não em campo.

As etapas principais são executadas em fábrica, sendo elas: a confecção, corte e montagem das estruturas; corte e montagem de painéis de vedação; passagem dos dutos, fiações e tubulações relativas a distribuição interna dos serviços de energia, esgoto e água; alguns acabamentos. As únicas etapas que devem ser realizadas em campo são: fundação; ligação com as redes de serviços de esgoto, água, energia, etc. Este sistema também ganha vantagem neste momento pois a fabricação dos módulos pode ocorrer em paralelo com as fundações, ao contrário do tempo linear dos métodos convencionais (SANTOS, 2020).

Segundo LIMA (2008) o processo de fabricação lean offsite é mais rápido do que o processo de construção equivalente no local. Devido a capacidade de manter a coordenação e repetição das atividades em ambiente fabril controlado. Por isso este método ganha ampla vantagem em questões de velocidade e qualidade de entrega de um projeto.

3.1.2 Transporte

Com o objetivo de conciliar a entrega destes componentes com o ritmo de execução da obra, em seu transporte deve-se avaliar as questões logísticas, como a restrição do tráfego, modalidade de transporte a ser usado e acesso ao local da obra. (BASTOS,2015)

Nesta etapa, é fundamental uma visita técnica feita pelo operador de logística, em que são identificadas as barreiras físicas do transporte, da mobilização e instalação dos módulos, no local da obra. São levantadas informações de fiações aéreas, pontes, pórticos e se o acesso do caminho possui curvas muito acentuadas ou de difícil acesso.

3.1.3 Montagem e içamento

Os elementos modulares chegam prontos para serem içados e instalados, por serem montados off-site, sua estrutura, vedação, serviços estão já de acordo com o projeto.

O içamento dos módulos geralmente é feito pelas extremidades utilizando uma viga ou quadro a fim de minimizar as forças exercidas sobre o módulo pela tensão nos cabos e assim reduzir eventuais danos potenciais e dar estabilidade à operação. Peças de menor tamanho podem ser içadas pela base como método alternativo ao descrito.(BASTOS,2015)

Existem várias formas de sistemas de elevação que são citadas abaixo:

- Cabos inclinados para os cantos dos módulos (somente possível para módulos com postes de canto e pesados vigas de borda no nível do teto).

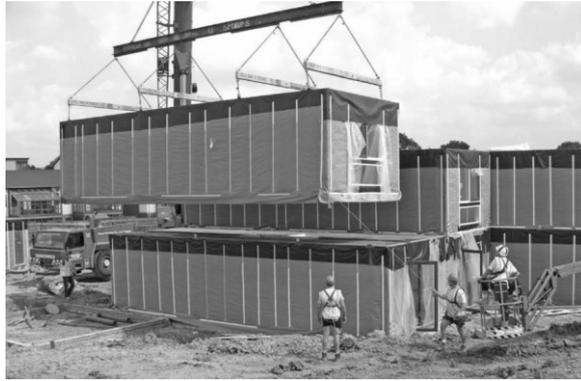
Figura 9 – Cabos inclinados para os cantos.



Fonte: LAWSON (2014)

- Viga de elevação única com quatro cabos inclinados para os cantos do módulo e viga de içamento principal e travessas com cabos verticais para os cantos do módulo.

Figura 10 – Viga de içamento principal com travessas verticais



Fonte: LAWSON (2014)

- Estrutura de elevação retangular (geralmente composta por perfis de aço soldados) que permite a elevação a partir de pontos intermediários na estrutura.

Figura 11 – Elevação do módulo de aço leve de uma estrutura retangular



Fonte: LAWSON (2014)

- Estrutura de elevação fabricada com proteção gaiola para desengatar os módulos por um operador preso a um cordão.

Figura 12 – Elevação do módulo usando uma gaiola de proteção presa ao gancho do guindaste



Fonte: LAWSON (2014)

É necessário que haja espaço suficiente para a retirada dos módulos no local de entrega, geralmente eles são levantados diretamente do caminhão.

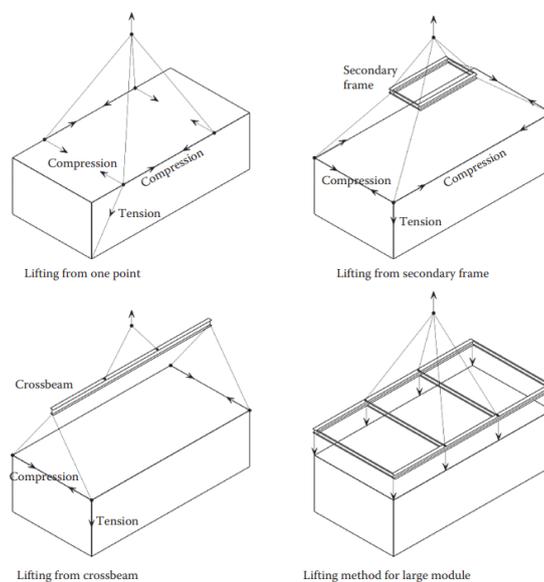
Para a sua instalação pode ser necessário o uso de guindastes de tamanho médio, guas ou mini guas. Portanto, o tamanho e posicionamento dos guindastes para a instalação dos módulos exigem planejamento detalhado no local.

As forças desenvolvidas nos pontos de elevação dos módulos podem ser maiores do que em serviço. Dessa maneira, é importante que as complicações do método de levantamento sejam levadas em consideração no projeto dos módulos.

Nas figuras acima mostram os diversos métodos de levantamento dos módulos, alguns dos quais podem levar a altas forças horizontais. Os pontos de içamento em módulos de aço leve estão normalmente em seus cantos, principalmente se manilhas ou cabos puderem ser fixados aos postes de canto.

O peso de um módulo de aço leve montado pode ser de 7 a 12 toneladas, aumentando para 15 a 25 toneladas para um módulo de aço leve com piso de concreto. O método preferido de elevação de módulos pesados é por estrutura bidimensional, de modo que as forças que atuam nos módulos sejam verticais. frequentemente, serão necessários reforços temporários em módulos de lado aberto. (LAWSON,2014)

Figura 13 – Unidade Modular para atendimento da COVID19



Fonte: LAWSON (2014)

Também deve ser levado em consideração, ao realizar o içamento das peças, os seguintes fatores: segurança de pessoas na obra, acesso ao guindaste, dimensões e peso dos

módulos, alcance máximo do guindaste, considerações locais da obra, pressão sobre o solo devido ao peso do guindaste. (BASTOS,2015)

3.1.4 Vantagens e desvantagens

O sistema modular apresenta grandes vantagens, como:

- Agilidade

Uma característica muito marcante da construção modular é a velocidade em que o seu projeto é desenvolvido e fabricado, pois o processo é realizado de forma elementar, tendo a possibilidade de executar diversos estágios em um mesmo período, assim diminuindo o tempo hábil do cumprimento do cronograma planejado. (BAÚ, 2021)

Segundo o *site* do Modular Building Institute (MBI), a construção modular pode ser entregue de 30% a 50% mais rápido do que uma edificação construída em método convencional. Outro ponto importante que auxilia nesse processo é que caso haja intempéries, 60% a 90% do seu processo é feito em linha de montagem, o que é uma otimização considerável de tempo. (LAFATE, 2022)

Figura 14 – Unidade Modular para atendimento da COVID19



Fonte: TECNOFRAME (2020)

- Custo-Benefício

A abordagem modular também tem o potencial de gerar economias de custos significativas. De acordo com McKinsey, podem obter mais de 20% em economia de custos de construção, com ganhos potenciais adicionais na vida útil custos (por exemplo, através da redução dos custos de funcionamento por meio de economia de energia e manutenção) (BERTRAM, 2019)

- Sustentabilidade

Por se tratar de um método de linha de fabricação industrial provoca uma queda na geração de resíduos e desperdícios de materiais, sendo englobado no conceito green building. Diferentemente da construção com drywall e blocos, a demolição é considerada um grande agressor ao meio ambiente (LAFATE, 2022).

- Qualidade

Como são pré-fabricados, há uma garantia de qualidade controlada previamente à saída da fábrica, pois dispõe de padrões e normas a serem atendidas.

Além disso, pode citar que há uma elevação nos níveis de segurança do trabalho, o esforço braçal dos trabalhadores e o risco de acidentes no ambiente de construção são minimizados. (LAFATE, 2022)

- Reutilização

Sendo uma metodologia de construção que lembra uma montagem de um “lego”, podem ser reutilizadas e montadas em outros locais ou até mesmo para outras finalidades.

Pode-se dizer que as desvantagens até o presente momento são poucas, como por exemplo:

- Qualificação dos profissionais envolvidos no processo

Devido a execução específica deste método, a mão de obra pode ser considerada escassa, pois não há uma gama de profissionais para execução de tais serviços (OPUS, 2022).

- Patologia

As empresas executoras de projetos muitas vezes não se responsabilizam pela qualidade e posteriores patologias do material (VUOLO, 2021).

- Área para instalação

Para a instalação das peças, é necessário que a obra tenha um grande volume de área para movimentação das gruas e içamento das peças, portanto antes de optar pela utilização deste método é necessário que seja feito um estudo entre os fatores, como a fabricação, transporte e montagem. (VUOLO,2021).

- Planejamento e projetos

Por ser uma construção pré-fabricada, os projetos devem ser bem elaborados, detalhados, acompanhados e planejados tecnicamente em todas as fases (Conceitual, projeto, orçamento, fabricação, entrega e instalação), não há possibilidade de reparos após a chegada no local. Portanto é um método que demanda um olhar técnico mais especializado, como o gerenciamento e coordenação. (OPUS,2022)

3.2 Hospital Leishenshan

Os dados técnicos utilizados neste capítulo foram extraídos principalmente de CHEN, 2021. Mesmo a China sendo considerado um país com a economia sempre em crescimento e com uma boa estrutura para o setor da saúde, os hospitais não atendiam a demanda de leitos e internações gerados pelo Coronavírus. Por isso, o país surpreendeu o mundo ao construir em Wuhan, um hospital de campanha com uma área construída de 79 mil m² e capacidade para 1,3 mil leitos. (PIRÂMIDE, 2020)

Figura 15 – Wuhan, cidade na China epicentro do COVID19



Fonte: G1 (2020)

Não foi um novo desafio para a China desenvolver um hospital em pouco tempo. Em 2003, durante a epidemia de Coronavírus (Sars-Cov), o país respondeu ao alerta sanitário em uma semana com o modelo de construção pré-fabricado.

Será apresentado então os aspectos diferenciais e as particularidades que levaram o hospital de campanha a ser construído em tempo recorde.

3.2.1 Concepção projetual

Um hospital com a capacidade de atendimento semelhante ao Leishenshan, demoraria de 3 a 5 anos para ser construído. Não foi o caso para este hospital, em apenas 2 semanas Wuhan tinha uma nova unidade para atendimento.

Figura 16 – Wuhan, cidade na China epicentro do COVID19



Fonte: Adaptado de Morrison (2020)

A principal explicação que demonstra o porquê foi possível construir neste período são as quantidades elevadas de funcionários e maquinários. Para sua execução foram necessárias em torno de 1.500 máquinas (escavadeiras, guindastes, entre outras) e 10.000 funcionários (1.025 supervisores, 7.906 trabalhadores da construção civil).

3.2.2 Planejamento

Ao elaborar um projeto executivo 2D para construção de uma edificação, é possível identificar problemas que envolvem diferentes áreas na engenharia. Por este motivo o projeto foi elaborado com a tecnologia BIM, sendo possível resolver diversos problemas de compatibilização entre disciplinas, trabalho repetitivo, erros e perdas de dados.

Dada a sua apresentação 3D e capacidade de simulação de realidade virtual, o BIM atua como uma ferramenta técnica, podendo ser aplicada para melhorar a qualidade e a produtividade do projeto em várias áreas, incluindo ensaio e otimização do plano de construção e gerenciamento do canteiro de obras.

3.2.2.1 Projeto

O estacionamento abandonado da Vila dos Atletas do Jogos Militares foi o local de construção do hospital Leishenshan, onde existia um piso de concreto concluído. Este piso foi utilizado como base da área médica de isolamento, por isso foi possível reduzir significativamente o tempo hábil da execução da obra. Além deste fator o terreno era plano e ideal para construções de edifícios temporários.

O espaço disponibiliza de uma metragem quadrada de 21,87 hectares e foi construído com uma área de 79.900 m² (média de 64% destinada para a área de isolamento de pacientes).

Conforme mostra a figura 18, o hospital é dividido em setores, sendo eles: área de convívio da equipe médica, área de logística (depósito de suprimentos, estação de tratamento de águas, estação de incineração de lixo e área de descontaminação) e a área de tratamento médico e isolamento.

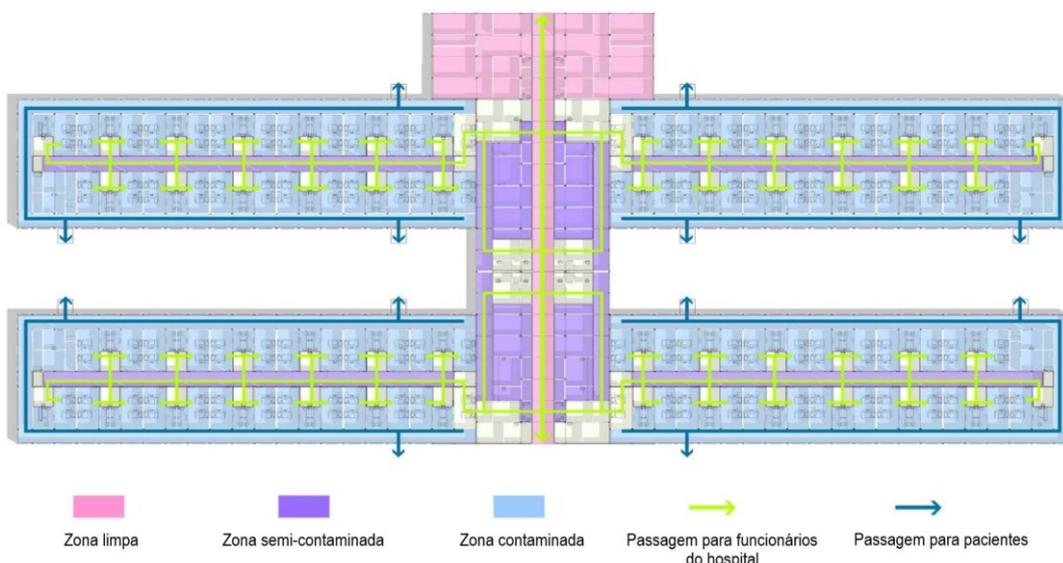
Figura 17 – Diagrama esquemático dos componentes do módulo



Fonte: Adaptado de LUO (2020)

A área de tratamento médico foi projetado com um layout que lembra uma "espinha de peixe", sendo elas separadas em três zonas e duas passagens. As três zonas são compostas pela área limpa, semi-contaminada e a contaminada, já as passagens são divididas também, sendo uma apenas para os funcionários e a outra para os pacientes infectados.

Figura 18 – Ilustração parcial das zonas e passagens

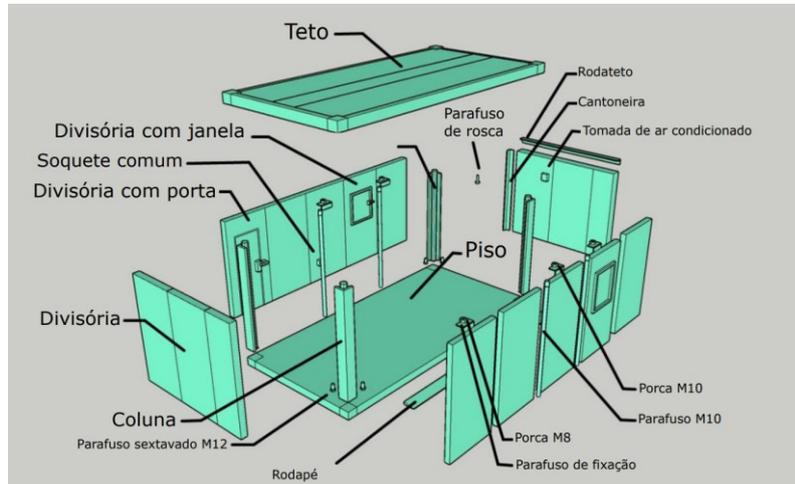


Fonte: Adaptado de LUO (2020)

3.2.2 Projeto Estrutural

Para executar a estrutura do hospital de forma segura e rápida os projetistas optaram por contêineres modulares nas unidades médicas, e no departamento técnico foram utilizados painéis compostos de aço e estrutura de aço leve.

Figura 19 – Diagrama esquemático dos componentes do módulo



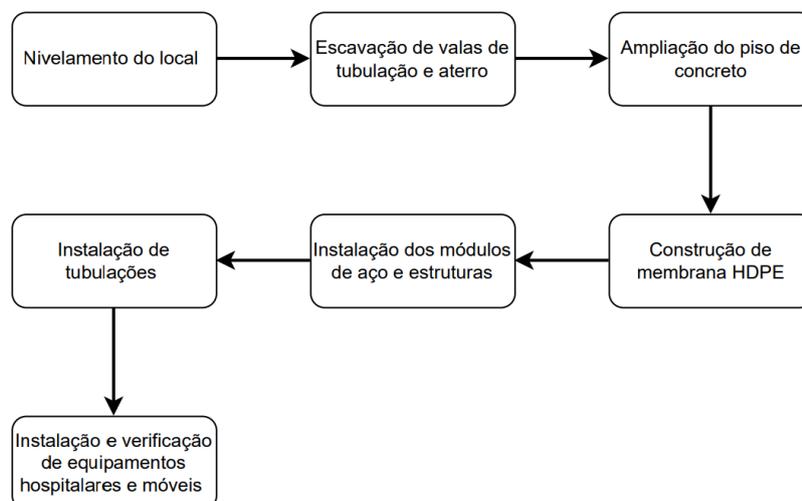
Fonte: Adaptado de CHEN (2021)

Todos os módulos foram pré-fabricados, transportados até as proximidades da obra e montados, posteriormente içados e posicionados no local projetado.

3.2.2 Processo de construção

O Processo de construção do Hospital Leishenshan levou apenas 12 dias, do dia 26 de janeiro de 2020 a 6 de fevereiro de 2020 e foi dividido em algumas etapas, como demonstrado no esquema simplificado abaixo:

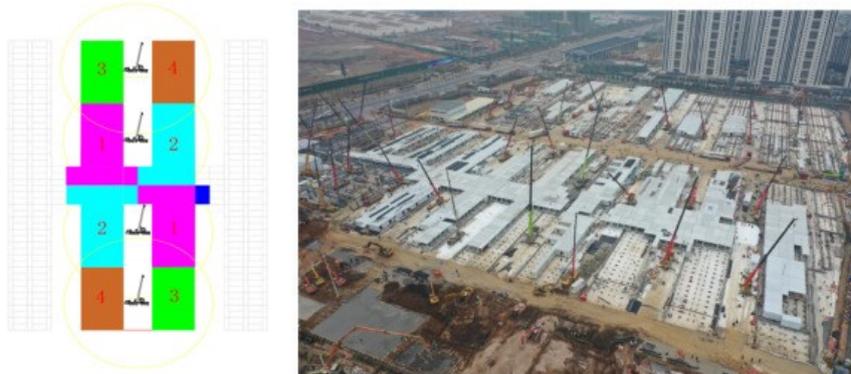
Figura 20 – Processo de construção simplificado



Fonte: Autor (2022)

O canteiro de obras foi dividido em cinco áreas de construção, para que os subempreiteiros conseguissem trabalhar paralelamente, evitando conflitos entre os guindastes. O local de armazenamento de materiais também foi criteriosamente determinado a fim de reduzir os esforços necessários para transportar os materiais durante a construção.

Figura 21 – Esquema da divisão do canteiro para as equipes de guindastes



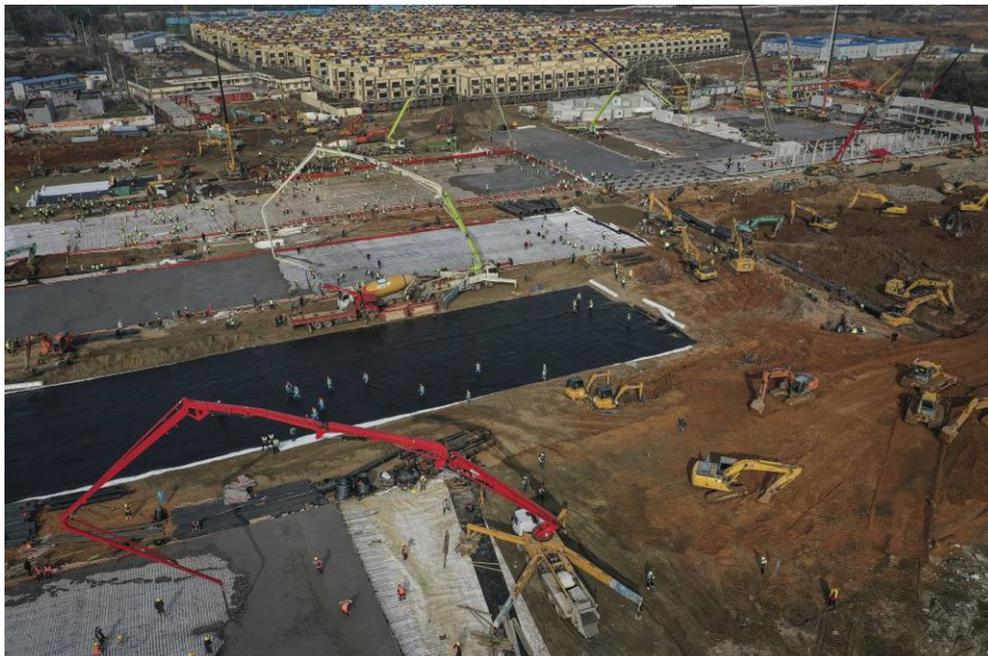
Fonte: LUO (2020)

3.2.3.1 Cronograma de construção

Devido a precisão do seu projeto (BIM), o processo de construção foi dividido em etapas. Conforme apresentado a seguir:

- **26 de janeiro:** Entrega do planejamento da obra e do projeto arquitetônico, instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 22 – Diagrama esquemático dos componentes do módulo



Fonte: Adaptado de CHEN (2021)

- **27 de Janeiro:** Execução do nivelamento do solo, escavação e reaterro de valas para a tubulação de esgoto comum e os canais de drenagem.

Figura 23 – Vista aérea do maquinário na fase de nivelamento do solo



Fonte: MARÍN (2020)

- **28 de Janeiro:** Execução das escavações para a tubulação destinada para a área de isolamento médico, instalação de sistema de apoio para a elevação de módulos e início da instalação da manta impermeabilizante (membrana HDPE) nas lajes.

Figura 24 – Instalação de manta impermeabilizante



Fonte: MARÍN (2020)

- **29 de janeiro a 1º de fevereiro:** Conclusão da fundação, das instalações elétricas e geradores. O layout da fundação e o trabalho de montagem dos contêineres são realizados no mesmo período, o que melhora drasticamente a eficiência da construção. O progresso da instalação de contêineres na área de quarentena chegou a 60% e o progresso total da construção chegou a 65% em quatro dias.

Figura 25 – Montagem de contêineres



Fonte: MARÍN (2020)

- **2 de fevereiro a 6 de fevereiro:** Instalação dos contêineres e dos equipamentos médicos.

Figura 26 – Instalação de equipamentos hospitalares e móveis



Fonte: ECNS (2020)

4.Considerações Finais/Conclusões

A inesperada pandemia de Coronavírus, gerou uma alta demanda por leitos hospitalares causando uma desestabilização no sistema de saúde mundial. O presente artigo buscou demonstrar quais foram as soluções encontradas pelos setores de arquitetura e engenharia civil para atender de forma rápida e eficiente o colapso causado pelo vírus.

Através de uma pesquisa bibliográfica foi possível apresentar de forma concisa as características dos principais sistemas emergenciais (métodos de construção rápida utilizados em situações de emergência) aplicados na pandemia de Coronavírus em 2020. Para fins de discussão foram apresentadas as comparações entre eles, suas aplicações pelo mundo e as vantagens e desvantagens de cada um.

Diante do cenário pandêmico, a China, epicentro do vírus, destacou-se e influenciou diversos países ao construir seus hospitais de campanha utilizando um dos métodos emergenciais, o sistema modular.

Por este motivo, foi apresentada a construção do Hospital Leishenshan, na cidade de Wuhan, que, de forma surpreendente, foi projetado e edificado com área total de 79.900 m² em apenas 12 dias. De forma sucinta foram percorridas as principais características de projeto e execução que levaram este hospital a contrastar de uma edificação erguida em métodos convencionais.

Por fim, foi possível entender sobre a importância da aplicação destes sistemas emergenciais, e que através destes métodos é possível diminuir o impacto mortal das catástrofes, epidemias, e outros problemas que a humanidade enfrenta imprevisivelmente.

5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, D. P. DE A.; FERNANDES, R. B.; ROSARIO, R. A. R. D. DO. **ARQUITETURA EMERGENCIAL: CONSIDERAÇÕES SOBRE AS RESPOSTAS PROJETUAIS À PANDEMIA DA COVID-19**. Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente, v. 6, n. 2, p. 128–140, 12 maio de 2021. Acesso em: 25 out. 2022

ANDRES, G.C. **Abrigos temporários de caráter emergencial**. Dissertação (Mestrado) Programam Design e Arquitetura. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BASTOS, Raphael de C. S. C. **Da coordenação modular à construção modular: estudos de caso**. 2015. 88 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/139133>>. Acesso em: 09 nov. 2022

BAÚ, G. **Construções Modulares: Mapeamento do processo executivo de edificações em chassi de aço**. 07 mai. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223394>>. Acesso em: 27 out. 2022.

BERTRAM, N. FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL J. **Modular construction: From projects to products | McKinsey**. 18 jun. 2019 Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>>. Acesso em: 27 out. 2022.

CAURJ - Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro. **Hospitais provisórios – a contribuição dos arquitetos para o controle da pandemia**. 11 mai. 2020. Disponível em: <<https://www.caurj.gov.br/37708-2/>>. Acesso em: 24 out. 2022.

CHEN, L.-K. et al. **Modular composite building in urgent emergency engineering projects: A case study of accelerated design and construction of Wuhan Leishenshan/Leishenshan hospital to COVID-19 pandemic.** Automation in Construction, v. 124, p. 103555, jan. 2021.

CNN BRASIL. **Para combater a pandemia, México constrói hospital de emergência inflável.** 28. mar. 2020. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/mexico-constroi-hospital-inflavel-de-emergencia-para-combater-a-pandemia/>>.

ECNS. **In pics: Inside wuhan's Leishenshan hospital.** 07 Fev 2020. Disponível em: <<http://www.ecns.cn/hd/2020-02-07/detail-ifzmtcih6512515.shtml>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

ETHERINGTON, D. **A Jupe é uma nova startup com o objetivo de resolver as deficiências de quartos hospitalares com espaço modular e móvel.** 26 mar. 2020 Disponível em: <<https://techcrunch.com/2020/03/26/jupe-is-a-new-startup-aiming-to-address-hospital-room-shortfalls-with-modular-mobile-space/>>.

FLEXMADE. **Qual a diferença entre construção modular e construção off-site.** 26 mai. 2021. Disponível em: <<https://flexmade.com.br/qual-a-diferenca-entre-construcao-modular-e-construcao-off-site/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

FLORES, E. R. **A arquitetura efêmera na saúde e na pandemia da COVID-19 | CAU/RS.** Disponível em: <<https://www.caur.gov.br/artigo-a-arquitetura-efemera-na-saude-e-na-pandemia-da-covid-19/>>. Acesso em: 4 out. 2022.

G1. **Entenda como a China pode construir um hospital em 10 dias.** 31 jan 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/01/31/entenda-como-a-china-pode-construir-um-hospital-em-10-dias.ghtml>>.

HARRIS, D. **Osler erects temporary Emergency Department triage area in preparation for increase in patients.** William Osler Health System, Brampton, 3 abr. 2020.. Disponível em:<<https://www.williamoslerhs.ca/en/news/osler-erects-temporary-emergency->

department-triage-area-in-preparation-for-increase-in-patients.aspx>. Acesso em: 22 set. 2022.

LAFIETE. **Construção modular: o que é, onde deu certo e qual o cenário no Brasil!** Disponível em: <<https://www.lafaelocacao.com.br/artigos/construcao-modular/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

LAWSON, M, OGDEN, R.,GOODIER, C. **Design in Modular Construction**. CRC Press. Boca Raton, 2014.

LIMA. André Luiz de Alcântara. **Construção de edificações em módulos pré-fabricados em LSF – Light Steel Framing: Ensaio Projetual**. 2008. 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008. Disponível em: <<http://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-97968/construcao-de-edificacoes-em-modulos-pre-fabricados-em-lsf---light-steel-framing--ensaio-projetual>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

LUO, H. et al. **Ultra-rapid delivery of specialty field hospitals to combat COVID-19: Lessons learned from the Leishenshan Hospital project in Wuhan**. Automation in Construction, v. 119, p. 103345, nov. 2020.

MARÍN, B. **Como a China conseguiu levantar o hospital de coronavírus Wuhan em 10 dias**. El País - Disponível em: https://elpais.com/elpais/2020/02/02/icon_design/1580632227_180978.html#?rel=mas3 fev. 2020.

MULTITEINER **Construção modular no combate ao novo coronavírus**. 21 mai. 2020. Disponível em: <<http://multiteiner.com.br/blog/construcao-modular-no-combate-ao-novo-coronavirus/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

Morrison, J. S, Blanchette, J., Bermudez, J. S. **Coronavirus Update: Rapid Construction of Medical Facilities**. 20 Fev 2022. Disponível em: <<https://www.csis.org/analysis/coronavirus-update-rapid-construction-medical-facilities>>.

NSM. **La construcción modular off-site, un sistema cada vez más demandado**. 15 abr. 2021 Disponível em: <<https://www.nuevosistemamodular.com/la-construccion-modular-off-site-un-sistema-cada-vez-mas-demandado>>. Acesso em: 27 out. 2022.

OPUS. **Quais são as vantagens e desvantagens da construção modular?** Disponível em: <<https://opuscm.com.br/blog/vantagens-e-desvantagens-da-construcao-modular/>>. Acesso em: 27 out. 2022.

PERES, R. M. **Design Emergencial: Projeto preliminar de equipamentos para abrigos temporários com grupos afetados por desastres relacionados às chuvas.** Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013

PIRÂMIDE. **Como a China construiu um hospital em 10 dias?** 24 abr 2020. Disponível em: <<https://piramidesc.com.br/blog/china-construiu-um-hospital-em-10-dias/>>.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Hospital Municipal de Campanha do Pacaembu pronto para combater a Covid-19** | Secretaria Municipal da Saúde | Prefeitura da Cidade de São Paulo. 6 abr. 2020. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/noticias/?p=295960>>. Acesso em: 22 set. 2022.

QUICKHOUSE. **Quick House - O Lego da construção. - Maior Hospital modular da américa latina.** Disponível em: <<https://www.quickhouse.com.br/maior-hospital-modular-da-america-latina>>. Acesso em: 31 out. 2022.

RUGOLO, S. N.; SILVA BARBOSA, E. **O Impacto dos Métodos Construtivos nas Adaptações de Espaços de Assistência à Saúde Durante a Pandemia.** Revista Boletim de Gerenciamento, p. 20–30, 30 maio de 2022.

SANTOS, K. M. D. **FÁBRICA DE CONSTRUÇÃO MODULAR INDUSTRIALIZADA OFF-SITE EM LIGHT STEEL FRAME (LSF).** UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, jul. 2022.

SMITH, A. **Alberta's temporary hospital is ready to meet potential COVID-19 spike.** Calgary Herald, Calgary, 3 maio 2020. Disponível em: <<https://calgaryherald.com/news/albertas-temporary-hospital-for-covid-19-patients-is-ready-to-meet-potential-covid-19-spike/wcm/0f943a30-7568-4220-b0bd-e24be305a0b6/amp/>>. Acesso em: 22 set. 2022.

SOTA, I. **Hospitais infláveis espanhóis para combater o coronavírus no México (e no mundo).** El País, 20 mar. 2020. Disponível em: https://elpais.com/elpais/2020/03/20/icon_design/1584698437_069896.html

SUMMIT SAÚDE BRASIL. **Estádios se tornam hospitais de campanha para tratar covid-19: Cidades brasileiras estão adaptando estruturas esportivas para ampliar a rede de leitos de UTI de hospitais.** Estadão, [s. l.], 3 abr. 2020. Disponível em: <https://summitsaude.estadao.com.br/desafios-no-brasil/estadios-se-tornam-hospitais-de-campanha-para-tratar-covid-19/>. Acesso em: 22 set. 2022.

TABNAK. **O processo de construção de um hospital chinês em 10 dias.** 31 jan 2021. Disponível em: <https://www.tabnak.ir/fa/news/955700/O-processo-de-construção-de-um-hospital-chinês-em-10-dias>.

TECNOFRAME. **7 Vantagens da Construção Modular.** 09 out 2020. Disponível em: <https://tecnoframe.com.br/7-vantagens-da-construcao-modular/>. Acesso em: 25 out. 2022.

THOMPSON, T. **Transformados em hospitais, centros de teste e necrotérios, estádios ganham nova importância.** 5 mai. 2020 Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2020/05/transformados-em-hospitais-centros-de-teste-e-necroterios-estadios-ganham-nova-importancia>. Acesso em: 27 out

VUOLO, Aliny Silva; DUTRA, Júnior. **Industrialização na construção civil: estudo de caso para construções modulares voltadas para edificações emergenciais** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021