

ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *OFF-SITE* EM UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL: ESTUDO DE CASO

ROCHA, Felipe Raphael Couto¹
MACEDO, Kelvin Bruno²
RACHID, Ligia Eleodora Francovig³

RESUMO

Com o avanço da tecnologia em todas as áreas do conhecimento, a construção civil também inovou consideravelmente, atribuindo conceitos e sistemas construtivos, neste trabalho abordou-se a modelagem de edificações modulares *off-site* cujo objetivo foi analisar, dentre as estruturas e suas vedações internas e externas, as que apresentam maior viabilidade financeira diante de um projeto comercial. Para realização deste trabalho foram elaborados dois projetos um com estrutura em *Light Steel Frame* com opção de vedação com placa cimentícia e placa OSB e outro com contêiner com as mesmas opções de vedação usadas para *LSF*, levantaram-se as quantidades de matérias para cada opção e fez a cotação de preços, em fornecedores de Cascavel e do estado do Paraná. Como resultado a estrutura de contêiner com vedação em placa cimentícia apresentou o valor mais viável entre as quatro opções. Quando se utiliza outros sistemas construtivos é importante que se considere que os ambientes podem sofrer alteração para maior ou menor área construída.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, sistema modular, tecnologia.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Santiago (2012) e Grossman (2013), a indústria da construção civil no Brasil é caracterizada pela utilização de sistemas construtivos predominantemente artesanais devido ao grande índice de desperdício de insumos e a baixa produtividade. O mercado vem dando sinais de que esta situação deve ser alterada e o uso com a inserção de novas tecnologias é uma maneira de utilizar a industrialização da construção civil e a racionalização dos processos.

Os autores anteriormente citados ainda afirmam, que o que tem preocupado os pesquisadores que estudam as mudanças climáticas, é o aumento dos resíduos, e a escassez de recursos. Este fato, por si só, tem levado a sociedade a pressionar o setor da construção civil, no sentido de aumentar o cuidado com os impactos ambientais e, como consequência, acelerar a proliferação de práticas de construção mais sustentáveis e acessíveis.

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: frcrocha@minha.fag.edu.br

²Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: kbsmacedo@minha.fag.edu.br

³Professora, Doutora, Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR. E-mail: ligia@fag.edu.br

Conforme Santiago (2012), a construção civil no Brasil, ainda é resistente para receber novas propostas de método construtivo, é difícil fazê-lo trocar a alvenaria convencional (por ter uma grande oferta de mão de obra), por uma modernidade na construção (que precisa de uma mão de obra qualificada com estudos). O preocupante com a alvenaria convencional é a grande geração de resíduos na obra, pois o mesmo é armazenado em aterro sanitário, que por si é gerado o gás metano (gás perigoso para o efeito estufa e para a saúde humana). Pensando no meio-ambiente e na saúde humana, as empresas vêm estudando a criação de métodos construtivos, para não diminuir apenas os resíduos de obra, mas também a redução de custo e tempo.

A construção em menor tempo e menor custo para módulos produzidos fora do canteiro de obras, é denominada de *off-site*. Assim se justifica a realização deste trabalho a análise da viabilidade técnica para a construção *off-site*, por se tratar de um método inovador no qual não existem tantos estudos e incentivos na área, desta forma busca-se, dentro do método construtivo modular a verificação do impacto ambiental, a redução de custo, tempo e resíduos em uma obra, independente se for de porte pequeno ou grande,

O questionamento alvo para o desenvolvimento dessa pesquisa é: Qual o método construtivo com maior viabilidade entre dentre elas estrutura em *steel frame* ou contêiner, com fechamento em *OSB*, *DryWall* e placas cimentícias para construção modular de uma edificação comercial em Cascavel-PR?

De acordo com todas as informações expostas anteriormente, este trabalho terá como objetivo geral analisar a viabilidade técnica do sistema construtivo *off-site* em uma edificação comercial.

Ademais para conclusão deste trabalho foram apresentados os seguintes objetivos específicos:

- a) Elaborar os projetos para cada estrutura modular com *steel frame* e contêiner;
- b) Levantar as quantidades de materiais para a estrutura com *steel frame* e contêiner;
- c) Estimar o custo dos materiais para cada método construtivo modular.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Construção modular

Construção modular, conhecida informalmente como industrialização da construção civil é um método construtivo no qual utiliza-se a habilidade de unir diferentes partes de um edifício

utilizando módulos com medidas padrões adotados a partir de projeto com dimensões pré-definidas. Projetadas e pré-fabricadas num ambiente fabril e que serão transportadas, acopladas ou montadas em uma estrutura auxiliar complementar no local definido para implantação (HORTA, 2020).

No entanto, quando reunidas as normas que se tratam de coordenação modular a NBR 15873 (ABNT, 2010), espelha-se na industrialização da construção civil, ou seja, visa padrões em dimensões de peças, elementos e componentes utilizados para a construção da edificação para construção de módulos, assim podendo ter repetição com pequenas ou nenhuma alteração.

A construção de uma edificação compreende uma grande quantidade de itens, que vão desde os produtos básicos: estacas, blocos, telhas, elementos pré-fabricados estruturais ou não, esquadrias, pisos e outros. Até elementos decorativos: painéis pré-fabricados de fachada, revestimentos internos diversos e itens de acabamento, que se multiplicam em função da demanda dos usuários, o que, a cada dia, torna mais complexo o processo construtivo. Se todas essas partes do edifício se encaixarem perfeitamente, o grande quebra-cabeças fica resolvido, pois evita-se improvisos no canteiro. Sem a necessidade de adequações dimensionais em obra, o ritmo da construção é mais rápido, e, portanto, o rendimento será melhor e o produto final ganha em qualidade e facilidade de manutenção (BATTAGIN, 2010).

2.2 Construção modular *off-site*

Construção modular *off-site* cujo sentido traduzido é constituído como fora do canteiro, emprego de técnicas de planejamento e de logística industrial aliadas à redução de grandes volumes de trabalho de construção dentro do canteiro, como também o uso de componentes industrializados e módulos que se encaixam gerando produtos uniformes, com alta produtividade na montagem e baixo consumo de mão de obra direta e indireta.

Os componentes e módulos são produzidos *off-site* em uma linha de montagem em operação contínua, automatizando e mecanizando em tarefas repetitivas e, muitas vezes, usando soldagem robótica. Esta operação é feita conforme padrões rigorosos, gerando economia de escala. As vantagens são nítidas em relação à construção convencional, havendo uma maior segurança para os profissionais envolvidos. A fabricação é realizada de acordo com um sistema de garantia da qualidade, ao longo do processo de produção. Não se trata de controlar a qualidade do produto acabado, o que consumiria maior quantidade de tempo (OLIVEIRA, 2010).

A relação entre a construção modular e *off-site* se dá pela fabricação de módulos específicos tridimensionais fora de canteiro. Como explica Horta (2020), construção modular *off-site* é o termo usado para descrever unidades que são executadas fora do canteiro de obra e que formam uma edificação composta por um módulo ou pelo conjunto de módulos conectados entre si ou que são inseridos em uma estrutura pré-existente. Possuindo geometria compatível para transporte entre fábrica e local de implantação e geralmente são compostos por um chassi estrutural, equipado de fechamentos horizontais e verticais, instalações complementares; como instalações hidráulicas e elétricas, revestimentos, esquadrias, estruturas de fachada e até mesmo mobiliário instalado.

2.2.1 *Light Steel Frame (LSF)*

Light Steel Frame se define por um sistema construtivo industrializado composto por perfis leves em aço galvanizado, evidenciando a velocidade de montagem, limpeza e baixa produção de entulhos. Tecnicamente, *frame* é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo composto por elementos leves; perfis formados a frio (PFF) (VIEIRA, 2010).

Basicamente para a composição de um módulo o esqueleto estrutural em *LSF* é composto por paredes, pisos e cobertura. Reunidos, estes possibilitam integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que projetos a solicitam. Pela principal característica de ser leve, a estrutura em *LSF*, obtidos por conformação a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga de alumínio-zinco pelo processo de imersão a quente ou eletrodeposição conforme NBR 15253 (ABNT, 2014), exigem bem menos de fundações por suas cargas serem distribuídas uniformemente ao longo dos painéis estruturais estes sendo formados por perfis U, C e Ue (enrijecidos) para montantes e vigas e guias formados por perfil U (KAMINSKI JUNIOR, 2006).

Ainda para Kaminski Junior (2006), os perfis formados a frio são usados para composição de painéis sendo estruturais e não estruturais, vigas de piso quais posteriormente receberiam cargas acidentais de peso, vigas secundárias em que ocupariam lugar de pilares e vigas e demais componentes necessários para formação de módulos. Em conjunto, os módulos, unidos por placas estruturais ligantes; unem-se com outros subsistemas como fundação, fechamentos tanto internos como externo, isolamento termoacústico e instalações necessárias para o produto final a edificação, garantindo sua habitabilidade.

Segundo Vieira (2010), o método de construção para edificações em *LSF* tem suas variações conforme os projetos executados e a empresa responsável pela construção destes, de forma que, a depender dos mesmos, pode haver um baixo grau de industrialização, onde há uma variação de dimensões em vigas e alterações nos módulos, conforme o necessário, ou um alto grau de industrialização, onde utiliza-se o detalhamento do projeto e um grande nível de repetição. Conforme a necessidade de cada projeto a fabricação das peças e conjuntos será feita em grade escala, porém de mesmo tamanho, garantindo um padrão de montagem e repetição de processos, assim as atividades se resumem à montagem de conjuntos preparados fora de canteiro e, dentro de canteiro, há somente o posicionamento das unidades (módulos) e suas ligações.

2.2.2 Contêineres

Contêineres são fabricados de aço ou alumínio; metal leve; possivelmente equipados com módulos na construção modular torna-se uma unidade básica para a composição contemporânea. Seja para utilização temporária ou permanente, proporcionando flexibilidade às necessidades dos usuários, valendo-se de uma grande durabilidade, tendo em vista que é projetado para suportar o mau tempo e as longas distâncias, o que favorece a mudança espacial e visual em uma proposta arquitetônica (KOTNIK, 2008; SLAWIK, 2010).

Apesar da sua ampla utilidade já rotineira nos canteiros de obra, como exemplo em almoxarifados, depósitos de materiais e arquivos, salas de reuniões, escritórios, refeitórios, guarda-volumes, entre outros, se ajustando facilmente a necessidade de cada espaço, e, pelo motivo de utilizar a praticidade e possibilidade de modificações, hodiernamente o contêiner vem ganhando espaço e assim trazendo consigo várias soluções dentro da construção civil (ARAÚJO, 2017).

Araújo (2017), ainda afirma que, a praticidade do contêiner, permite que o tempo de construção e os custos sejam reduzidos em até metade, quando comparados com técnicas tradicionais de construção, pois um escritório deste tipo, não precisa de partidos estruturais, tampouco de acabamentos, sendo que em alguns casos este se torna objetos de contratos de comodato, isto é, são aluados, ou podem ser de propriedade do empreiteiro, gerando praticidade e sendo reutilizado em várias obras durante muito tempo.

Ademais, isto é possível porque o contêiner já possui paredes, piso e cobertura, formando uma única estrutura. Além disso, o empilhamento e fixação desses elementos é relativamente rápido, sendo necessário apenas um guindaste.

Segundo Camargo (2014), os contêineres podem ser empilhados em até 12 (doze) unidades quando vazios. Apesar de serem estruturas de aço extremamente fortes, são leves e já confeccionados para um perfeito encaixe, e podem ser facilmente realocados depois da montagem, evidenciando mais uma vantagem de sua utilização.

Para Calory (2015), devido a sua forma retangular, os contêineres são adequados à arquitetura modular, tanto em edificações de módulo único quanto naquelas em que há uma pluralidade dos mesmos, devido a sua praticidade de manejo.

De acordo com Kotnik (2013), há duas maneiras através das quais as construções em contêiner podem ser estruturadas, dependendo da posição e relação entre as unidades. Os módulos podem ser empilhados uns junto aos outros, sem nenhuma separação ou podem ser combinados com espaçamento entre eles.

Para Camargo (2014), a primeira opção é mais adequada em projetos mais simples, principalmente quando há a possibilidade de uma futura necessidade de mudança da obra, enquanto outra opção seria mais indicada quando se criam vários e o projeto envolve outros tipos de materiais.

2.3 Sistemas de vedações internas e externas

O isolamento nos painéis em *LSF*, segue o mesmo modelo das obras convencionais, que consiste nas junções das placas internas e externas, com um afastamento entre elas, e nesse espaço é realizado preenchimento com a ferramenta isolante. Freitas e Castro, (2006), citam ainda que o sistema aceita diversos tipos de fechamentos verticais, que compõe as paredes (internas e externas) e promovem o isolamento termoacústicos em seu interior.

2.3.1 Painéis em OSB

Painéis em Madeira Reflorestada Estrutural (OSB), sistema de vedação qual atua de forma a reforçar o contraventamento das paredes, ou seja, impedindo que seja afetado por ações do vento, sendo necessário a manta qual reveste diretamente a estrutura metálica, de forma grampeada, assim

impedindo também a entrada de umidade. Se utilizado revestimento argamassado sobre a manta, deve ser utilizada uma tela sobre a manta para aumentar a aderência da argamassa gerando a composição industrial. Inocenti e Bertequini (2018), ressaltam que paredes com dimensões que sejam superiores a 24 metros necessitam da previsão de juntas de dilatação fim de impedir a existências de patologias entre as placas.

2.3.2 Placas cimentícias

As placas cimentícias podem ser utilizadas tanto para fechamento interno ou externo dos módulos por possuírem em seu substrato a adição de impermeabilizante e argamassa são especificamente indicadas para uso em áreas molhadas, como cozinhas, banheiros, área de serviço e fachadas externas. Santiago, Freitas e Castro (2012), informam que seu uso por possuir função estrutural também se aplica a pisos, sendo complementado seu uso com substrato de apoio, visando aumentar a resistência à flexão das placas.

Possuindo característica termoacústicas as placas podem assumir também o papel de divisões internas, a qual é caracterizada por ter em seu interior os materiais como lã de vidro, lã de fibras de poliéster, lã de rocha e espuma expansiva.

2.3.3 Placas de gesso acartonado – *Drywall*

Inocenti e Bertequini (2018), citam que fechamentos em gesso acartonado são indicados para o fechamento interno dos módulos, assumindo lugar de paredes internas. Conhecidos popularmente por *drywall*, esse sistema se caracteriza por ser leve, não possuir função estrutural, suportar o peso dos revestimentos e armários fixados em sua superfície e possuir modelos específicos resistentes à umidade e ao fogo.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma análise exploratória quantitativa e qualitativa sobre a viabilidade financeira entre dois sistemas construtivos modulares *off-site*, para a construção de uma edificação modular comercial de único pavimento em 35,40m² situada na cidade de Cascavel-PR.

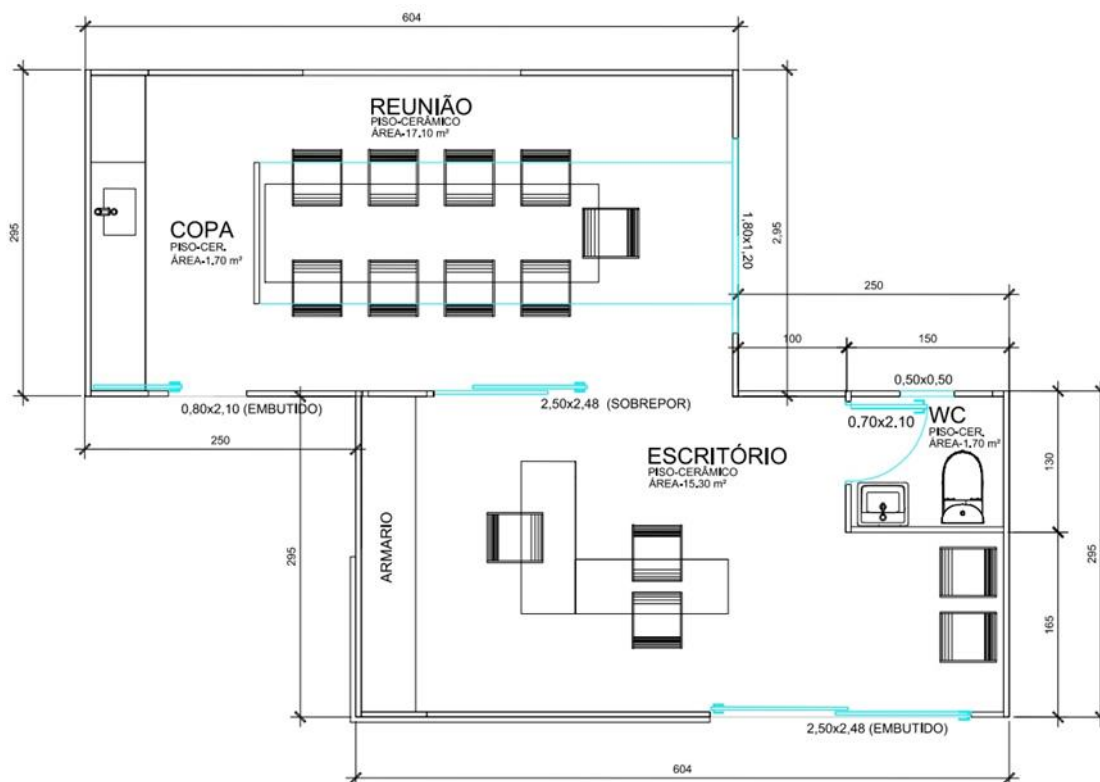
Para realização deste trabalho foram utilizados dois sistemas construtivos, sendo estruturas em *Light Steel Frame* - *LSF* e contêiner modificado. Para estrutura *LSF* foram consideradas as vedações internas e externas em placa cimentícias ou OSB e para o contêiner considerou-se duas situações, uma com isolamento em manta termoacústica e vedações internas em placa cimentícias e a outra situação com isolamento em manta termoacústica e vedações internas em OSB.

Para concretização deste trabalho foram levantados os custos dos materiais para as estruturas, as vedações internas e externas e esquadrias, possibilitando a comparação do custo entre os dois sistemas.

3.2 Caracterização dos projetos

Este trabalho foi baseado no projeto original para instalações de um escritório, apresentado na Figura 1.

Figura 1: Escritório modular



Fonte: BK Container (2021).

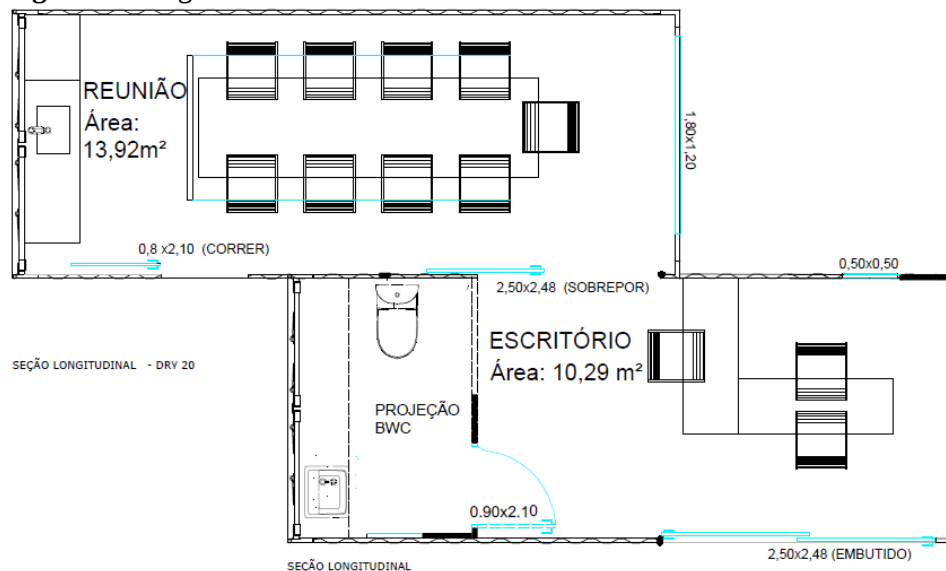
O projeto consta de dois módulos acoplados com estrutura de contêiner em que sofreram adequações referentes às dimensões de 6,00 m de comprimento, 3,00 m de largura e 2,70 m de altura cada um, o fechamento lateral é um material isotérmico, sendo este o isopainel, com forro e divisórias internas em *drywall*, piso cerâmico, esquadrias metálicas e em vidro temperado, telhas isotérmicas e rufos em chapa galvanizada. Nas divisões internas há dois ambientes, o escritório, banheiro unissex e sala de reunião integrada à copa.

3.2.1 Estrutura com contêiner

A primeira opção foi a estrutura com contêiner, vedações internas, divisórias internas e esquadrias, as dimensões foram próximas ao projeto original, sendo esse caracterizado por duas unidades de contêiner *Dry Standard* 20 pés. O escritório foi considerado com a medida original do contêiner, com dimensões internas de (6,038 x 2,591 x 2,438) metros com divisórias internas para um escritório de 10,29 m², banheiro unissex com área de 3,59m², atendendo normas de acessibilidade

para portadores de necessidades especiais e uma sala de reunião com 13,92 m² com copa representados na Figura 2.

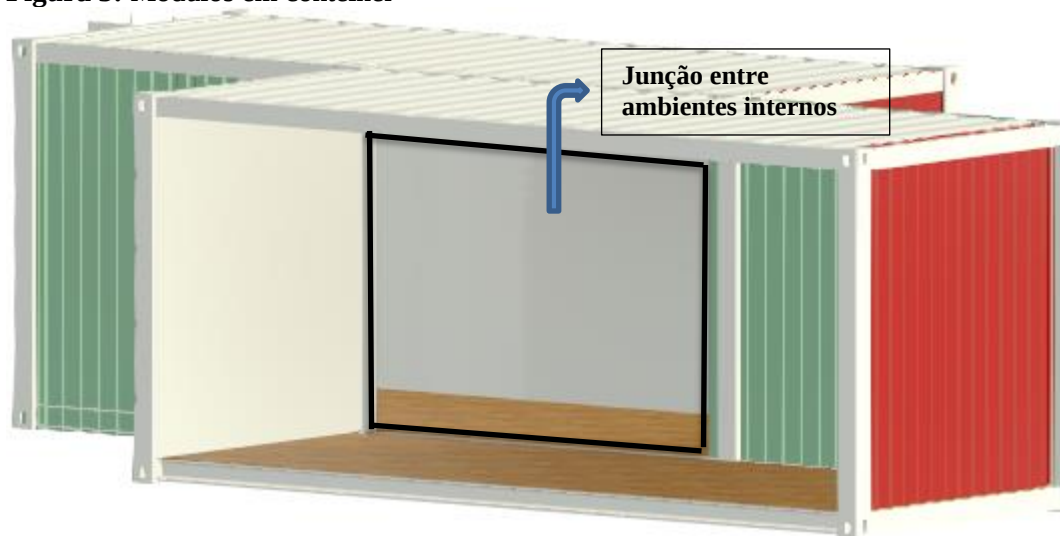
Figura 2: Longitudinal contêiner



Fonte: Autores (2022).

Para que fosse possível alterar as divisórias, foi necessário a remoção dos fechamentos laterais entre as junções do contêiner de forma que ficasse apenas a sua estrutura. Os ambientes internos foram unidos, esse projeto foi desenvolvido no *software Revit*, uma planta em terceira dimensão, para visualização dos detalhes a estrutura do contêiner destacando a parte removida na Figura 3.

Figura 3: Módulos em contêiner



Fonte: Autores (2022).

Para as vedações do externas do contêiner utilizou-se a própria vedação em aço, na parte interna destas vedações utilizou-se a manta termoacústica e placas cimentícias para permitir o isolamento térmico e resistência às intempéries. O forro e as divisórias de junção dos módulos foram executados com placa cimentícia. Para as esquadrias são de alumínio e vidro temperado.

Para a outra situação, a vedação externa do contêiner foi a própria parede em aço e parte interna foi considerado o uso de manta termoacústica com vedação interna com OSB.

3.2.2 Estrutura com *light steel frame*

A segunda opção foi a estrutura *LSF*, porém as dimensões sofreram acréscimo para aproveitamento dos módulos, um escritório de 19,61m², um banheiro unissex obedecendo normas para portadores com necessidades especiais (P.N.E) com 3,59m², uma sala de reunião com 18,80m² e uma copa com 1,70m², totalizando com 43,51m. Para o fechamento externo fez uso de três materiais, placa cimentícia, OSB e *drywall*, comparando-se os valores para esses materiais. Para forro e divisórias internas utilizou-se *drywall*.

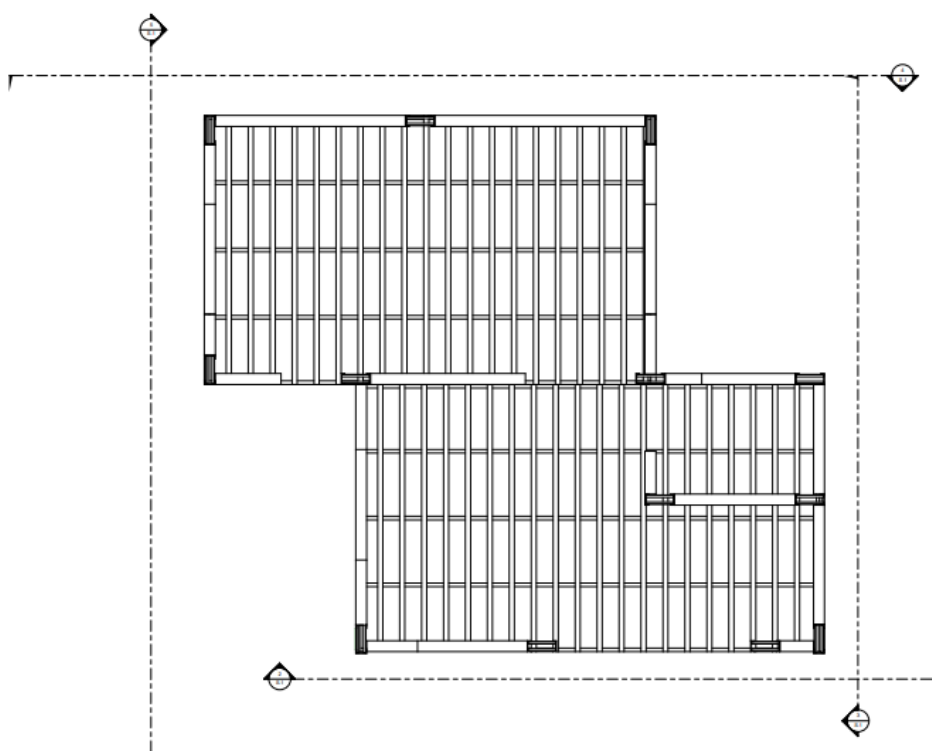
Para iluminação e ventilação natural, foram projetadas quatro aberturas, sendo janelas de alumínio nas dimensões 1,50x1,00m, para o banheiro uma de 0,50x0,50m e portas em alumínio, com dimensões de 2,50x2,10m na entrada da edificação 0,90x2,10m para banheiro, copa e entre as salas uma porta de alumínio com dimensão de 2,50 x2,10m.

Para realização desse projeto utilizou-se o *software Revit*, estrutura *LSF* composta por:

- Pilares metálicos treliçados galvanizados com dimensões 14x25cm com espaçamento a cada 3 metros de parede;
- Vigas para amarração da estrutura e distribuição de carga do forro ou telhados;
- Para o local das esquadrias utilizou-se ombreiras e pilares com dimensões de 14x25cm;
- Perfis U em *LSF* para montantes e travessas, dimensões de 9x4 cm, em paredes e pisos com espaçamento de 40 cm.
- Vedações externas e internas com placa cimentícias ou OSB.
- Esquadrias em alumínio e vidros temperados.

Na Figura 4 está apresentada a planta baixa do escritório em estrutura de *LSF*.

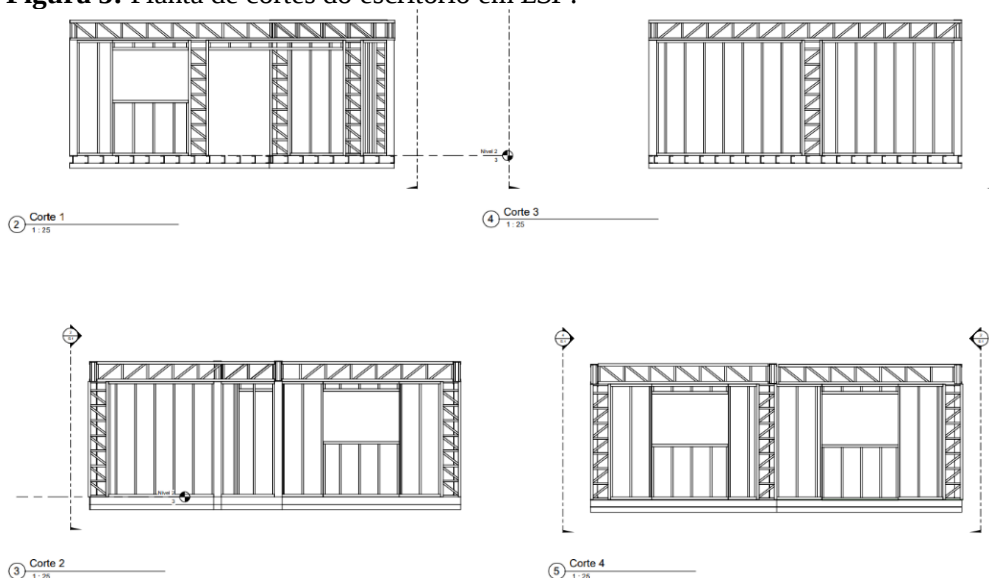
Figura 4: Planta baixa da estrutura *LSF*



Fonte: Autores (2022).

Na Figura 5 constam os cortes 1, 2, 3 e 4, onde pode-se observar os detalhamentos da *LSF*.

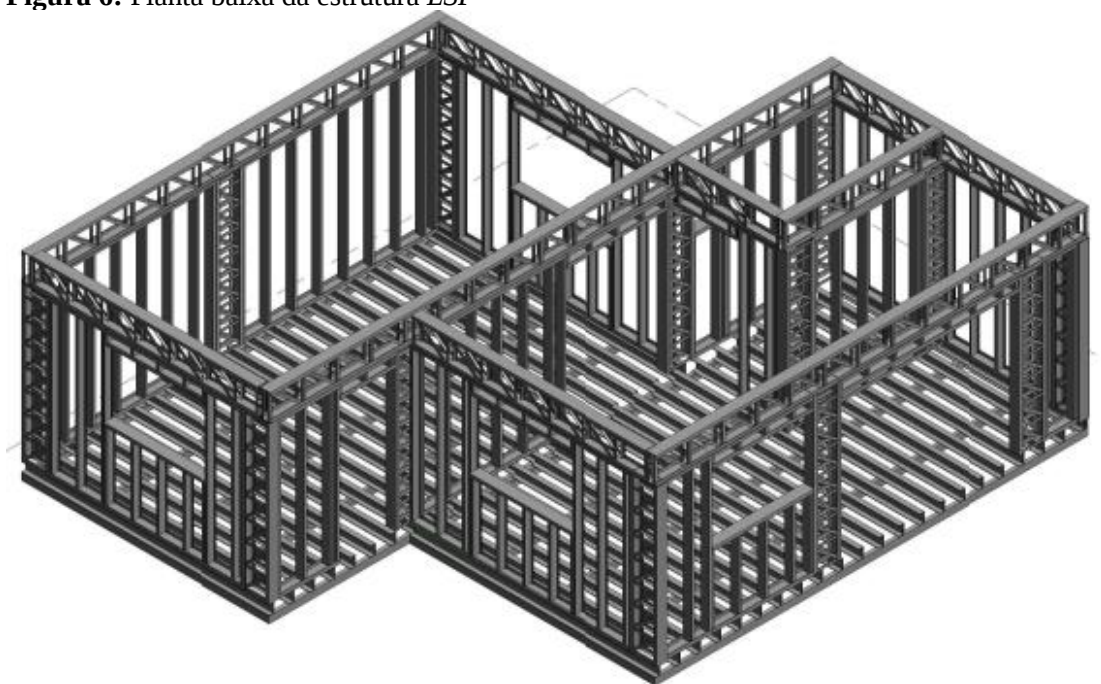
Figura 5: Planta de cortes do escritório em *LSF*.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 6, ilustra a vista 3D da *LSF*, onde se visualizam os encaixes das vigas, a direção dos pilares e a posição das esquadrias.

Figura 6: Planta baixa da estrutura *LSF*



Fonte: Autores (2022).

3.3 Levantamento de quantitativos de materiais

A partir dos projetos dos dois sistemas construtivos fez-se o levantamento dos quantitativos dos materiais e seus componentes para cada um dos sistemas, suas respectivas vedações e esquadrias, para a estimativa dos custos dos materiais os valores obtidos foram pesquisados no mercado da região de Cascavel-PR, restringindo-se ao estado do Paraná.

Para levantamento dos quantitativos e apropriação dos custos foi elaborada, no programa *Excel*, uma planilha para cada sistema construtivo com sua vedação.

Para a opção estrutura de contêiner, o quantitativo foi contabilizado para duas unidades de *Container Standard* 20 pés.

Na estrutura de *LSF*, foram contabilizados os perfis, pilares treliçados e vigas.

Para todos os materiais necessários para a execução das opções considerou-se a perda de 5%.

a) Vedação com placa cimentícia para contêiner

O processo de cálculo para o quantitativo do painel de placa cimentícia foi o mesmo para *LSF*, porém adequou-se as dimensões para as comercializadas, 10 x 1200 x 2400mm e alterando a altura do montante, sendo então considerado o pé direito do contêiner, para 2,44m sendo mostrado na Equação 1.

$$\text{Quant. placas} = \frac{33,04 \text{ m} \times 2,59 \text{ m}}{(1,20 \text{ m} \times 2,40 \text{ m})} + 5\% , \quad (1)$$

resultando em 32 placas cimentícias

Para a vedação em placa cimentícias aplicou-se lã de vidro nas dimensões de 50 x 1200 x 12500mm entre as paredes metálicas do contêiner e a placa cimentícia, a quantidade obtida consta na Equação 2.

$$\text{Quant. rolos} = \frac{33,04 \text{ m} \times 2,59 \text{ m}}{(1,20 \text{ m} \times 12,50 \text{ m})} + 5\% \quad (2)$$

Assim foi considerado a necessidade de 6 rolos de manta de lã de vidro nas dimensões de 50x1200mm.

Para a fixação dos painéis de placa cimentícia foram necessários perfis U nas dimensões de 50 x 100 x 2400mm de LSF, para haver espaçamento entre a manta, a parede do contêiner e a placa cimentícia, considerou-se 1 (um) montante por placa e 2 (dois) em cada canto para união das placas. Sendo assim na Equação 3, consta a quantidade de montantes.

$$\text{Quant. Montantes} = 32 + (2 \times 8) \quad (3)$$

Portanto, a quantidade considerada de montantes de 50x100x2400mm foi de 48 unidades.

Para a fixação das placas, das juntas, dos cantos e dos montantes foram necessários parafusos auto brocantes, obedecendo o espaçamento entre eles de 300mm e para isso foi necessário a quantidade de junções de placas multiplicado pela quantidade de placa, que multiplicará a altura do montante em razão dos espaçamentos de parafusos, o cálculo está apresentado na Equação 4.

$$\text{Quant. parafusos} = 32 \text{ un} \times 2 \text{ junções} \times \frac{2,40m}{0,3m} + 5\% \quad (4)$$

Contabilizando 538 unidades de parafusos auto brocantes para as fixações.

Para a selagem de juntas das placas com 30 cm de largura (15 cm para cada lado da junta), considerou-se aplicação de primer para as juntas um galão de 3,6 litros. E também 46 metros delimitador tarucel (Ø6mm) entre as juntas das placas.

b) Vedação com placas cimentícias para LSF

Calculou-se a área das paredes externas da edificação, ou seja, a soma dos perímetros externo e interno (28,88m) multiplicado pela altura total do montante (2,70m). A área foi dividida pela área da placa utilizada (2,88m²), totalizando 64,40 placas nas dimensões de 10 x 1200 x 2400mm, cuja quantidade pode ser visualizada na Equação 5.

$$\text{Quant placas} = \frac{37,02 \text{ m} \times 2,70 \text{ m} + 31,68 \text{ m} \times 2,70 \text{ m}}{(1,20 \text{ m} \times 2,40 \text{ m})} + 5\% \quad (5)$$

Para a perda considerou-se 5% a mais, totalizando a quantidade de 68 placas.

Parafusos brocantes foram utilizados para a fixação das placas, nas juntas das placas espaçados, na vertical, de 3cm e entre as bordas de 12mm a 50mm nos cantos das placas cimentícias.

Para a quantidade de 68 placas, com duas juntas, a altura total de montantes (2,70m), foi dividido espaçamento dos parafusos (30cm), totalizando 1.285 parafusos nas dimensões de 4,2 X 32mm, apresentados na Equação 6.

$$\text{Quant. parafusos} = 68 \text{ un} \times 2 \text{ junções} \times \frac{2,70m}{0,3m} + 5\% \quad (6)$$

Para a selagem de juntas das placas, primeiramente foi utilizado primer, com 30 cm de largura (15 cm para cada lado da junta), considerando o rendimento determinado pelo fabricante a largura de 0,15m, altura da junta (2,70m) e a quantidade de placas obteve-se 26,32m², sendo necessária uma lata de 3,6kg de primer.

Após aplicação do primer, considerou-se o delimitador tarucel (Ø6mm) entre as juntas das placas, resultando em 87,75m de delimitador.

c) Vedação com OSB para contêiner

A partir das dimensões de 9,5 x 1200 x 2400mm da placa de OSB quantificou-se, Equação 7, as placas necessárias para a vedação, em 31 unidades.

$$\text{Quant. placas} = \frac{32,04m \times 2,59m}{(1,20m \times 2,40m)} + 5\% \quad (7)$$

Para a fixação dos painéis de OSB foram necessários a adição de 3 (três) perfis U nas dimensões de 50 x 100 x 2400mm de LSF para dar o espaçamento entre a parede do contêiner e a placa em OSB, na Equação 8 consta o cálculo de 48 montantes.

$$\text{Quant. Montantes} = 32 + 2 \times 8 \quad (8)$$

Portanto a quantidade considerada de montantes de 50x100x2400mm foi de 44 unidades.

Para a fixação das placas e montantes utilizou-se parafusos auto brocantes, nas juntas das placas e cantos espaçados em 300mm, resultando em 520 unidades conforme mostrado na Equação 9.

$$\text{Quant. parafusos} = 31 \text{ un} \times 2 \text{ junções} \times \frac{2,40m}{0,3m} + 5\% \quad (9)$$

d) Vedações com OSB para LSF

Para a quantidade de vedações em OSB com dimensões da placa 9,5 x 1200 x 2400 mm, consideraram-se as paredes internas e externas da edificação, cujo cálculo está apresentado na Equação 10.

$$\text{Quant. OSB} = \frac{37,02 \text{ m} \times 2,70m + 31,68 \text{ m} \times 2,70m}{(1,20m \times 2,40m)} + 5\% \quad (10)$$

Sendo 68 placas nas dimensões de 9,5 x 1200 x 2400mm para fechamento interno e externo.

Para fixação dessas placas foram necessários parafusos auto brocantes de 3,5 x 25mm e espaçados na vertical a cada 3cm, nas bordas entre 12mm e 50mm, para as 68 placas utilizadas (68 placas), sendo necessário 2 (dois) por juntas, para a altura total de montantes (2,70m) e dividindo pelo espaçamento dos parafusos (30cm), totalizando uma quantidade de 1.285 parafusos, conforme consta na Equação 11.

$$\text{Quant. parafusos} = 68 \text{ un} \times 2 \text{ junções} \times \frac{2,70m}{0,3m} + 5\% \quad (11)$$

3.4 Análise dos dados

Para comparação dos custos dos materiais das estruturas LSF e contêiner, foram elaborados quadros específicos para cada sistema construtivo e suas respectivas vedações.

Para o primeiro caso, estrutura em LSF com vedações em placa cimentícia, constam os dados no Apêndice 1 materiais e quantidades necessárias discriminadas.

Já no segundo caso, de vedação em placas de OSB para *LSF*, foram apresentados os materiais e quantidades no Apêndice 2.

Para as vedações internas com placa cimentícia e adição de manta termoacústica na estrutura do contêiner, os quantitativos fazem parte do **Apêndice 3**.

Como a última opção, vedação em placas de OSB em contêiner, os dados quantitativos podem ser visualizados no Apêndice 4.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Nesse item estão apresentados os resultados desse trabalho sobre viabilidade técnica para construção modular *off-site*, e os respectivos custos para execução de cada opção proposta.

Os custos dos materiais para as vedações com placas cimentícias e OSB foram consultados 03 (três) fornecedores, na cidade de Cascavel-PR. Os custos para estrutura *LSF* e contêiner foram consultados fornecedores do estado do Paraná. Nos valores dos materiais e componentes e o transporte, do fornecedor até Cascavel-PR.

4.1 Custo para estrutura de *LSF* e suas vedações

Para o levantamento de custo para a construção com a estrutura *LSF* com vedações em placa cimentícia foram coletados orçamentos de três fornecedores distintos, que constam no Quadro 1.

Quadro 1: Valor para *LSF* e suas vedações

Estrutura e vedações	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3
<i>LSF</i> com vedações em placa cimentícia	R\$42.078,92	R\$42.629,78	R\$ 45.662,90
<i>LSF</i> e vedações em OSB	R\$ 46.609,43	R\$ 47.292,84	R\$50.715,42

Para *LSF* com vedações em placa cimentícia os valores dos fornecedores foram muito próximos, sendo o mais viável do fornecedor 1, R\$ 42.078,92 (quarenta e dois mil, setenta e oito reais e noventa e dois centavos), neste custo estão inclusos fretes, material entregue em Cascavel-PR.

4.2 Custo para construção de estrutura de contêiner e suas vedações

No Quadro 2, para viabilização do contêiner foi necessário a orçar outro componente para as paredes, nas paredes internas foi necessário a adição de placas cimentícias ou placas em OSB formando uma camada regular e também o isolamento termoacústico com adição de uma manta em lã de vidro. Nos valores que constam no Quadro 2 estão inseridos os custos da manta de lã de vidro, tanto para a placa cimentícia como para a vedação OSB.

Quadro 2: Valor para contêiner e suas vedações

Estrutura e vedações	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3
Contêiner com vedações em placa cimentícia	R\$ 34.629,16	R\$ 36.106,47	R\$ 36.412,07
Contêiner e vedações em OSB	R\$ 35.386,363	R\$ 36.333,30	R\$ 36.953,81

O contêiner com vedações em placa cimentícia, apresentou o menor valor sendo o mais viável do fornecedor 1, R\$ 34.629,16 (Trinta e quatro mil, seiscentos e vinte e nove reais e dezesseis centavos), neste custo estão inclusos fretes, material entregue em Cascavel-PR.

4.3 Comparação dos custos entre os sistemas construtivos

Na comparação de custo foi verificado que o valor mais viável para a construção, do caso estudado a confecção da estrutura em contêiner com vedações em placa cimentícia, totalizando a quantia de R\$ 34.629,16 (Trinta e quatro mil, seiscentos e vinte e nove reais e dezesseis centavos). Para os sistemas construtivos escolheu-se de o custo do menor valor, a segunda opção foi a de estrutura com contêiner com vedações em placas OSB, representando acréscimo de 2,14% em relação ao menor valor. totalizando a quantia de R\$ 35.386,33 (Trinta e cinco mil, trezentos e oitenta e seis reais e trinta e três centavos), de modo que, as demais opções foram descartadas, os valores que podem ser visualizados no Quadro 3.

Quadro 3: Custo total para cada caso.

Estruturas com vedações	Custos Totais	Variação
Contêiner com vedação em placa cimentícia	R\$ 34.629,16	1,00%
Contêiner com vedação em placa OSB	R\$ 35.386,33	2,14%
LSF com vedação em placa cimentícia	R\$ 42.078,92	17,70%
LSF com vedação em placa OSB	R\$ 46.609,43	25,70%

Fonte: Autores (2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca pela aplicação de inovações tecnológicas no âmbito da construção civil, é importante considerar que estas devem ser dotadas de agilidade e racionalização atreladas a viabilidade de custos para o produto acabado, conforme mencionado na revisão bibliográfica. Neste sentido, no caso estudado, foram analisados dois sistemas construtivos: estrutura em *light steel frame* e contêiner.

Com estas estruturas escolhidas, considerou-se quatro opções para combinações das vedações externas e internas. A estrutura de contêiner com vedação em placa cimentícia apresentou o menor custo em relação à *LSF*. Verificou-se uma variação percentual entre 2,14% e 25,70%, sendo que a estrutura *LSF* com vedação em placa OSB foi que apresentou o maior custo, ou seja, 25,70% em relação à de menor valor.

Cada caso contou com um orçamento, portanto o que se deu em com maior viabilidade de custo foi a combinação do uso de estrutura em contêiner e vedações em placa cimentícia, que resultou em R\$ 34.629,16 (Trinta e quatro mil, seiscentos e vinte e nove reais e dezesseis centavos).

Além disso, foi necessária adaptação das dimensões dos ambientes com o uso de contêiner, para aproveitar o que está disponível no mercado, outro fator levado em conta foi o atendimento aos portadores de necessidades especiais, foi necessário dimensionar, estudar e reorganizar a disposição dos ambientes para aproveitamento das áreas e de placas nas dimensões comerciais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da construção industrializada**. Asa Norte: Editora ABDI, 2014.

ALMEIDA, L. R. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 2015. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 15.575 – **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho**, Rio de Janeiro. 2000.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular na construção no Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BLOG DA LIGA. **Benefícios e vantagens da construção modular.** Disponível em: <https://blogdaliga.com.br/beneficios-e-vantagens-da-construcao-modular/>. Acesso em 12/03/2019.

DOCPLAYER. **Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aço revestidos (steel framing).** Disponível em: <https://docplayer.com.br/amp/8647299-Sistema-construtivo-utilizando-perfis-estruturais-formados-a-frio-de-acos-revestidos-steel-framing.html>. Acesso 01/08/2003.

SOUZA FILHO, A. **Construção de imóveis residenciais com o sistema construtivo modular.** Atividade Integrativa em Engenharia Civil – Associação Educativa Evangélica UniEvangélica, Anápolis-GO, 2019.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Quantitativo de placa cimentícia para LSF

ESTRUTURA LSF COM VEDAÇÃO EM PLACA CIMENTÍCIA		
DESCRIÇÃO DE INSUMOS	UN. MEDIDA	QNT
ESTRUTURA EM LSF(15 X 617,5 X 365,0)	Un.	2
PLACA CIMENTÍCIA (10 x 1200 x2400)	Un.	68
PARAFUSOS brocantes 4,2 X 32mm (pacote com 100 UN.)	pct.	13
PRIMER PARA JUNTAS 3,6kg	Bld.	1
DELIMITADOR (6MM)	m.	87,75
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 2,48 X 2,50)	Un.	2
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 0,90 X 2,10 M)	Un.	1
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (PORTA DE BWC PNE 0,90 X 2,10M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 0,50X0,50M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 1,80 X 1,20M)	Un.	2

Fonte: Autores (2022).

Apêndice 2 - Quantitativo OSB para LSF

ESTRUTURA LSF COM VEDAÇÃO EM OSB		
DESCRIÇÃO DE INSUMOS	UN. MEDIDA	QNT
ESTRUTURA EM LSF(15 X 617,5 X 365,0)	Un.	2
PLACA EM OSB (9,5 x 1200 x2400)	Un.	68
PARAFUSOS brocantes 3,5 X 25mm (pacote com 100 UN.)	pct.	13
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 2,48 X 2,50)	Un.	2
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 0,90 X 2,10 M)	Un.	1
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (PORTA DE BWC PNE 0,90 X 2,10M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 0,50X0,50M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 1,80 X 1,20M)	Un.	2

Fonte: Autores (2022).

Apêndice 3 - Quantitativo de placa cimentícia para contêiner.

CONTAINER COM VEDAÇÃO EM PLACA CIMENTÍCIA		
DESCRIÇÃO DE INSUMOS	UN. MEDIDA	QNT
CONTAINER DRY STANDARD 20 PÉS	Un.	2
PERFIL U (50X100X2700mm)	Un.	48
PLACA CIMENTÍCIA (10 x 1200 x2400mm)	Un.	32
MANTA LÃ DE VIDRO (50 X 1200 X 12500mm)	Rolo.	6
PARAFUSOS brocantes 4,2 X 32mm (pacote com 100 UN.)	pct.	6
PRIMER PARA JUNTAS 3,6kg	Blid.	1
DELIMITADOR (6MM)	m.	46
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 2,48 X 2,50)	Un.	2
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 0,80 X 2,10 M)	Un.	1
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (PORTA DE BWC PNE 0,90 X 2,10M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 0,50X0,50M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 1,80 X 1,20M)	Un.	1

Fonte: Autores (2022).

Apêndice 4 - Quantitativo de placa OSB para contêiner

CONTAINER COM VEDAÇÃO EM PLACA OSB		
DESCRIÇÃO DE INSUMOS	UN. MEDIDA	QNT
CONTAINER DRY STANDARD 20 PÉS	Un.	2
PERFIL U (50X100X2700mm)	Un.	48
PLACA EM OSB (9,5 x 1200 x2400)	Un.	31
PARAFUSOS brocantes 3,5 X 25mm (pacote com 100 UN.)	pct.	7
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 2,48 X 2,50)	Un.	2
ESQUADRIA DE VIDRO (PORTA DE CORRER 0,80 X 2,10 M)	Un.	1
ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO (PORTA DE BWC PNE 0,90 X 2,10M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 0,50X0,50M)	Un.	1
ESQUADRIA DE VIDRO (JANELA 1,80 X 1,20M)	Un.	1

Fonte: Autores (2022).