

UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**IGOR GODOY COSTA
MARCELO LUIZ DOS SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE COBERTURA
RESIDENCIAL EM MADEIRA E EM STEEL FRAME**

PUBLICAÇÃO Nº: XXXXXX

CERES / GO

2020

**IGOR GODOY COSTA
MARCELO LUIZ DOS SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE COBERTURA
RESIDENCIAL EM MADEIRA E EM STEEL FRAME**

PUBLICAÇÃO Nº: XXXXX

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, I. C; SANTOS, M, L.

Análise comparativa entre estruturas de cobertura residencial em madeira e em *Light steel frame*.

18 P, 297 mm (UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Madeira

2. *Light steel frame*.

3. Viabilidade técnica

4. Viabilidade econômica

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA (exemplo)

COSTA, Igor Godoy; SANTOS, Marcelo Luiz; Análise comparativa entre estruturas de coberturas residencial em madeira e *Light steel frame*. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 18p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Igor Godoy costa, Marcelo Luiz dos santos.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise comparativa entre estruturas de coberturas residencial em madeira e *Light steel frame*.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Igor Godoy costa
76310000-Rialma/GO-Brasil

Marcelo Luiz dos santos
76340000-Carmo do Rio Verde/GO-Brasil

**IGOR GODOY COSTA
MARCELO LUIZ DOS SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE COBERTURA
RESIDENCIAL EM MADEIRA E EM *LIGHT STEEL FRAME***

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

Professora Ma. Jéssica Nayara Dias

Orientadora – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Vilson Dalla Libera Junior

Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

Professor Me. Rodrigo Nascimento Portilho de Faria

Examinador interno – UniEVANGÉLICA Campus Ceres

CERES/GO, 10 de dezembro de 2020

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ESTRUTURAS DE COBERTURA RESIDENCIAL EM MADEIRA E EM *LIGHT STEEL FRAME*

Igor Godoy costa¹
Marcelo Luiz dos santos²
Jéssica Nayara Dias³

RESUMO

As coberturas são estruturas que se definem pela forma, a partir das considerações de suas funções e características do seu estilo arquitetônico, e desempenham o papel de proteção das edificações. O telhado é um sistema constituído por um conjunto de telhas de materiais diversos (madeira, aço, cobre, vidro, concreto, cerâmica, fibrocimento e metal), com estrutura de suporte e peças complementares. Analisando as práticas de mercado e empregabilidade dos métodos construtivos abordados nesse artigo o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica da execução de um telhado, em uma edificação unifamiliar de padrão médio, quando feito utilizando madeira e aço leve (LSF). De modo a atingir o objetivo proposto realizou o estudo de caso com base nas informações coletadas em três empresas analisando as seguintes características: custo do material, carga (massa), resistência, durabilidade. Partindo disso obteve como resultado que através desses dados, pode-se determinar que o custo para executar o telhado de 82,75m² utilizando o *LSF* é de R\$ 4355,31 durante a pandemia e o valor seria de R\$ 2835,93 anteriormente a esse período, ou seja o *Light Steel Frame* possui uma grande eficácia em estruturas de coberturas residenciais. No entanto, o período pandêmico devido ao Covid-19 afetou muito o seu custo, tornando a estrutura de cobertura executada com este material mais cara do que com madeira. Concluindo assim que essa é uma inovação que ao ser implantada em um projeto e obra, pode ser vantajosa e economicamente viável dependendo das características de projeto.

Palavras-chave: Madeira. *Light steel frame*. Viabilidade técnica. Viabilidade econômica

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: igorrialma@hotmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: Marcelo_luizsantos@hotmail.com

³ Mestra, professora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Caracterização de Estruturas de Cobertura.....	6
2.2 A Demanda do Mercado da Construção Civil por Novos Materiais	7
<i>2.2.1 Estruturas de Cobertura em Madeira</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2 Estruturas de Cobertura em Light Steel Frame</i>	<i>8</i>
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Levantamento de Subsídios	9
3.2 Estudo de Caso.....	10
3.3 Análise e Comparação dos Dados Obtidos.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 Estruturas de madeira.....	11
4.2 Estruturas em <i>Light steel frame</i>.....	12
4.3 Comparativo das Estruturas de Madeira e <i>Light Steel Frame</i>.....	12
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	14
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

Coberturas são estruturas que se definem pela forma, a partir das considerações de suas funções e características do seu estilo arquitetônico, e desempenham o papel de proteção das edificações contra a ação das intempéries, e atendendo às funções utilitárias, estéticas e econômicas, podendo ser alcançado através de diversos sistemas: telhado, laje, terraços, etc. O telhado é um sistema constituído por um conjunto de telhas de materiais diversos (madeira, aço, cobre, vidro, concreto, cerâmica, fibrocimento e metal), com estrutura de suporte e peças complementares. A madeira apesar de ser mais fácil de ser encontrada na natureza e ter um custo menor, se não for de boa qualidade pode sofrer algumas ações, podendo ser vulnerável a ação de cupins e fungos quando não tratada adequadamente, pode sofrer empenamento, abaulamento e etc. Se tratando de uma madeira nobre possui alta densidade, assim sobrecarregando a estrutura (COGO, 2018).

Ao buscar métodos alternativos que proporcionem benefícios ao processo construtivo, Melo (2015) aponta que a utilização do aço leve na construção civil se ajusta bem as soluções necessárias para elementos estruturais, estruturas de cobertura e de paredes. Para melhor adaptação, ressalta-se que há centenas de anos o aço é uma opção viável para a substituição de vários materiais comumente utilizados nas construções. Ele permite de forma mais eficiente estabelecer a industrialização na construção civil. Como o Brasil é um dos maiores produtores de aço do mundo, é necessário aproveitar esta característica para aplicar cada vez mais o aço em soluções de engenharia (HASS; MARTINS, 2011).

Castro (2005) define que o aço galvanizado formado a frio em chapas finas, é indicado para a substituição da madeira nas soluções de coberturas para casas populares. Os perfis formados a partir deste aço possuem em sua seção transversal pequenas dobras que permitem maior rigidez apesar da baixa espessura. Quando fixados entre si corretamente de acordo com as devidas prescrições de projeto formam uma estrutura rígida e resistente denominada *Light Steel Frame (LSF)*, capaz de suportar grandes carregamentos devido ao vento ou demais cargas eventuais.

Uma vez que a construção civil no Brasil é basicamente artesanal, apresenta aspectos a baixa produtividade, desperdício de materiais e empirismo nas práticas utilizadas, a industrialização dos sistemas construtivos é uma das principais saídas para a redução dos fatores que afetam diretamente a qualidade e confiabilidade de qualquer edificação entregue ao seu usuário (SANTIAGO, 2008).

Analisando as práticas de mercado e empregabilidade dos métodos construtivos abordados nesse artigo a execução de telhado em madeira e aço leve, é possível afirmar que os dois tipos cobertura são viáveis de serem executados em uma edificação residencial. Porém, avaliar os benefícios e malefícios em ambos os sistemas é essencial para a escolha mais apropriada a cada tipo de edificação. De acordo da finalidade à qual o material será utilizado, um ou o outro pode ser mais atrativo em alguns aspectos tais como, economia, durabilidade, adequação da estrutura na obra, sustentabilidade etc. Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica da execução de um telhado, em uma edificação unifamiliar de padrão médio, quando feito utilizando madeira e aço leve (LSF). O artigo visa apontar as características técnicas do uso de cada um dos materiais, determinando as vantagens e desvantagens do uso de cada um, e ainda apresentar o detalhamento das peças constituintes do projeto, para cada material, e seus respectivos custos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização de Estruturas de Cobertura

As coberturas são estruturas formadas por conjuntos de elementos e componentes dispostos no topo da edificação destinados a manter o edifício protegido contra a chuva, neve, ventos, animais, também contra a intempéries, tais como raios solares, e também impedir a penetração de poeiras e ruídos no seu interior. Conforme a figura 1, as estruturas que compõem um telhado são as seguintes formadas por dois tipos de estruturas: a principal ou de apoios que é composta basicamente por tesouras, frechal, escoras, tirantes, oitões, pontaletes, vigas ou lajes, tendo em vista a função de receber e distribuir adequadamente as cargas do telhado ao restante do edifício e as estruturas secundárias ou trama composta por terças, contrafrechal, cumeeiras, caibros e ripas que tem a função de sustentar as telhas (COUTINHO, 2018).

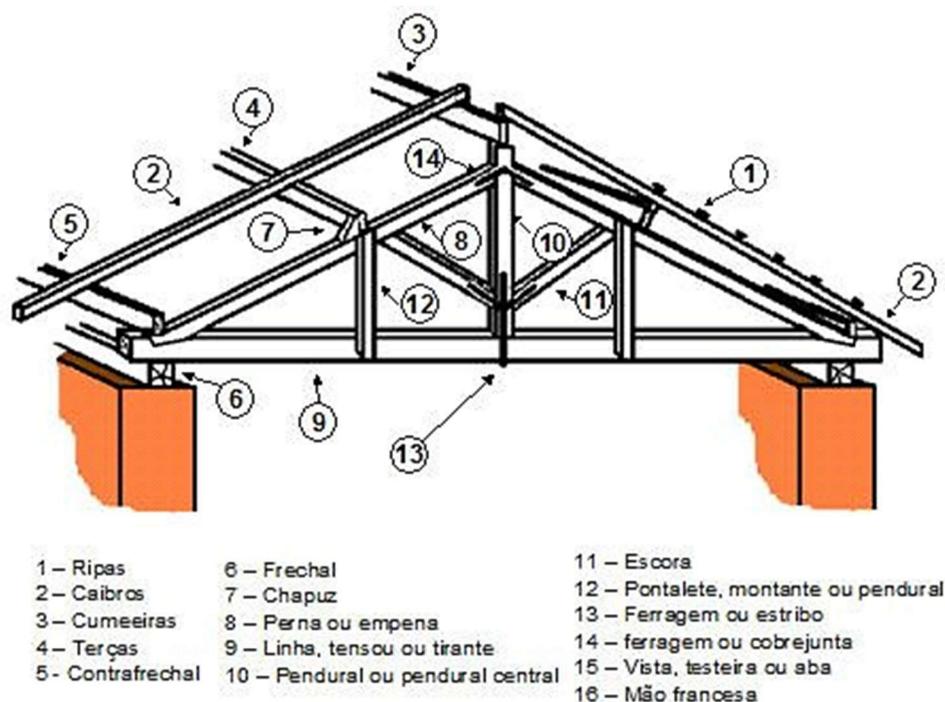


Figura 1 – Coberturas e sua composição (Coutinho, 2018)

A grande maioria das coberturas são formadas por telhas, que possuem características diferentes fazendo com que cada tipo e modelo possua sua própria inclinação exigida e podem ser classificados quanto a forma em elementares ou simples, compostos e especiais. As formas elementares são: 1 água, 2 águas, 4 águas e cônico (chapéu chinês), as formas compostas são para construções com mais de 1 ala e as especiais que são chamadas de Lanternim, Mansarda, Shed que são estruturas norte americanas que visam a ventilação do ambiente. A estruturas de madeiras são consideradas as mais tradicionais, apesar deste ser um material inflamável, ela apresenta uma boa resistência a tração e a compressão, possui uma alta resistência a cargas de impacto e não se degeneram com agentes oxidantes, além de possuírem um isolamento térmico. Existe também o uso de estruturas de aço galvanizado que possui uma rapidez maior em sua instalação, contribuem para o meio ambiente além de possuírem uma alta resistência a intempéries e considerada uma estrutura mais leve para a edificação (SAMPAIO, 2004).

O *Steel Frame* é uma estrutura que ganhou, primeiramente, o mercado dos EUA, sendo ele um dos principais fabricantes desse novo modelo. Apesar desta ser um pouco mais caro que as estruturas de madeira, o material possui inúmeras vantagens, como o fato do aço ser reciclável, as obras serem mais rápidas e limpas, além de possuírem maior facilidade de instalação e manutenção (HERNANDES, 2013).

2.2 A Demanda do Mercado da Construção Civil por Novos Materiais

Com o grande crescimento populacional e os avanços tecnológicos, a indústria da construção civil se viu desafiada, como consequência, houve um aumento na busca por métodos mais eficientes de construção de modo a atender a demanda crescente, buscando diminuir custos, desperdício e principalmente aumentar a produtividade. Nesse sentido, o uso de materiais alternativos em substituição àqueles que por alguma razão impõem maior dificuldade com seu uso, como a madeira, se mostra como uma boa alternativa. Uma das principais opções em substituição a esse material, largamente usado na indústria da construção civil para a fabricação de telhados, é a utilização de um sistema construtivo que já bastante usado em países desenvolvidos, o *light steel framing* (LSF) (PRUDENCIO, 2013).

No Brasil a construção civil é marcada por uso de sistemas construtivos, que são caracterizados como métodos artesanais, tendo como identificação o seu grande desperdício e sua baixa produtividade. Assim, nos últimos anos o mercado da construção civil está cada vez mais voltado ao uso de técnicas que possibilitem rápida execução, preço justo e qualidade. Isso tem sido motivado pelo aumento do nível de exigência do mercado consumidor, pelo fenômeno da globalização e pela reduzida disponibilidade de recursos financeiros para atender a tais necessidades (SILVA JR; BORGES JR, 2010).

No que concerne às estruturas de cobertura de edificações unifamiliares, a busca pelo novo não é diferente, uma vez que o padrão é o uso da madeira. A madeira é um dos materiais mais antigos e utilizados, consequência do fato de poder ser encontrada na natureza com grande facilidade podendo ser de aplicada permanentemente ou temporária na construção. Mais devido a sua variação de umidade ocorre a alteração dimensional onde não há um melhor aproveitamento da matéria prima, além do desmatamento desordenado que provoca poluição local prejudicando a saúde da população e o habitat dos animais (FLACH, 2012).

2.2.1 Estruturas de Cobertura em Madeira

A madeira, originalmente, é encontrada em florestas tropicais, sendo as espécies nativas, pinho-do-paraná e peroba-rosa, consideradas as mais utilizadas na construção civil e devido a isso realizou-se o reflorestamento de outras espécies como o eucalipto e o pinus. As propriedades de cada madeira irão variar de acordo com a temperatura, aspectos de composição e umidade do solo, e serão classificadas de acordo as seguintes características: geral (cor, cheiro, textura e grã), teor de umidade, densidade, trabalhabilidade, comportamento térmico e acústico, estabilidade dimensional, comportamento mecânico e de secagem, durabilidade e preservação. A madeira é definida como um material anisotrópico de acordo com a descrição macroscópica podendo-se a olho nu identificar o tipo de madeira e qual será a sua utilização. O material apresenta diferentes reações dependendo da sua direção: o comprimento da árvore (longitudinal), a direção do centro da árvore (radial) e a tangente que são os anéis em crescimento (tangencial) (HASS & MARTINS, 2011)

As características gerais da madeira são de extrema importância para determinar a sua espécie, mas ela está sujeita a mudanças devido a agentes atmosféricos. O teor de umidade influencia diretamente no cheiro, crescimento e cor da madeira, ela pode variar por região, a densidade está relacionada ao teor de umidade pois determina o fator de qualidade e quantidade

da madeira sendo chamado e peso específico que pode variar tanto no estado verde quanto no estado seco. O comportamento da madeira a compressão e tração iram variar de acordo com a direção da força aplicada em relação as direções das fibras podendo ser perpendicular, paralela ou inclinada (MELO, 2015).

Um dos fatores que influenciam na resistência da madeira, assim como qualquer material de origem biológica, é que esta apresenta variação em sua composição e está sujeita a sofrer devido a agentes externos como: umidade relativa e temperatura do ambiente, assim como a secagem e o tipo de aplicação de força. Com o impacto ambiental, o uso desse material está sendo reduzido e novos métodos começam a ser empregados. A redução do uso da madeira também se deve ao fato deste ser um produto altamente inflamável. No entanto, atualmente existem produtos de tratamento que retardam o efeito do fogo na madeira. Se o material não passar pelo tratamento adequado, este se torna um material vulnerável a agentes externos, como cupins e outros insetos, e sofre de variabilidade com as condições ambientais, podendo dilatar com a umidade (PRUDÊNCIO, 2013).

No mercado da construção, classificar a madeira quanto a sua capacidade é indispensável para evitar futuras patologias. No entanto, a grande maioria dos projetistas não dimensionam estruturalmente a cobertura de madeira, o que acarreta, muitas vezes, em um superdimensionamento da estrutura, e pode culminar em rupturas por cargas superiores a resistência daquele material (COUTINHO, 2018). A Figura 2 apresenta uma estrutura típica de cobertura utilizando a madeira como material de construção.



Figura 2 - Estrutura de cobertura em madeira (Carmo Wood, 2020)

2.2.2 Estruturas de Cobertura em Light Steel Frame

Como uma forma de sair do habitual e buscar métodos alternativos que proporcionem vantagens ao processo construtivo, Melo (2015) afirma que a utilização do aço leve na construção civil se adequa bem às soluções necessárias para elementos estruturais, estruturas de cobertura e de paredes. Optar pela troca da madeira pelo aço na estrutura da cobertura de casas populares representa um expressivo avanço na industrialização da construção civil, pois o LSF é um material que permite maior precisão e se adequa facilmente a diferentes edificações, reduzindo resíduos (SANTIAGO, 2008). O uso de *light steel framing* vem conquistando o seu espaço, principalmente como estrutura de cobertura. O material é denotado como uma estrutura de aço leve, que em inglês é traduzido da seguinte forma, “light steel = aço leve” e framing originário de “frame = esqueleto, estrutura” (BARROS, 2017).

Castro (2005) afirma que o aço galvanizado formado a frio em chapas finas é muito indicado para a substituição da madeira nas soluções de coberturas para casas populares. Os perfis formados a partir deste aço possuem em sua seção transversal pequenas dobras que permitem maior rigidez apesar da baixa espessura. Quando fixados entre si corretamente de acordo com as devidas prescrições de projeto formam uma estrutura rígida e resistente

denominada Light Steel Frame, capaz de suportar grandes carregamentos devido ao vento ou demais cargas eventuais.

O *Light steel frame* se diferencia dos outros sistemas principalmente devido a sua grande variedade e opções de fechamento externo, oferecendo assim vantagem aos consumidores e menos geração de resíduos (DA ROCHA, 2017). Em se tratando da sobrecarga sobre os elementos construtivos, o uso do LSF em coberturas apresenta uma menor demanda, o que se deve ao fato de ser este um material leve, fazendo com que as cargas passem a ser lineares ao invés de pontuais (FERREIRA, 2016). A Figura 3 apresenta uma estrutura de cobertura em LSF.



Figura 3. Estrutura de cobertura em Steel Frame (Construmax Alfa, 2020)

O método americano oferece vantagens que favorecem não só a obra, mas o consumidor e o meio em que vive. A fabricação da estrutura possibilita o trabalho de uma grande variedade de serviços, não havendo impedimento na execução durante a ocorrência de chuvas. Desta maneira a principal preocupação é o fator econômico, e neste caso proporciona um custo inferior de 30% em comparação aos métodos convencionais de construção, com prazos reduzidos e sem perdas na obra, que são fatores comuns em outros estilos construtivos, uma vez que o aço é produzido industrialmente (PRUDÊNCIO, 2013)

Sua leveza é vista como uma vantagem, pois com o peso reduzido, em função do aço que é distribuído uniformemente através das paredes, ocorre um alívio nas fundações que garante a segurança da obra, como também, não permite a propagação do fogo, não sofre ataque de cupins por conta de suas propriedades naturais. Sua resistência à corrosão é resultado do revestimento de zinco, que protege e serve como barreira física contra cortes, riscos, arranhões, torções e trincos, que é o que geralmente ocorre com a madeira (HERNANDES, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Levantamento de Subsídios

Inicialmente foi realizada uma pesquisa de modo a compreender como se realizam projetos de estruturas de cobertura e quais as diferenças na realização do mesmo utilizando como material a madeira e o LSF. As informações para a pesquisa foram obtidas em artigos científicos publicados, manuais técnicos, trabalhos da área e as normas técnicas da ABNT (NBR 16775: 2020, NBR 7190: 1996, NBR 8800: 2008).

A pesquisa foi embasada a partir de alguns tópicos específicos: Por que em dias atuais ainda se usa com mais frequência coberturas de estrutura de madeira; qual dos dois materiais apresenta maior resistência; quais são os valores no mercado dos dois tipos de estruturas analisados; qual dos materiais é mais leve; a mão de obra tem que ser especializada para se utilizar como estrutura de cobertura o LSF e qual é o tempo gasto para a instalação da estrutura na obra.

3.2 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado com base nas informações coletadas em três empresas: A Isoeste Metálica Indústria e Comércio LTDA, localizada no Distrito Agroindustrial de Anápolis – DAIA, a madeireira São Carlos situada em Rialma-Go e madeireira Terra Grande localizada em Araçuaçu -Go. As empresas mencionadas foram consultadas e forneceram informações quanto ao tipo de materiais, orçamento e projetos das estruturas dos dois tipos de cobertura analisados.

A fim de expor quais das estruturas, *Light steel frame* ou madeira, é mais aplicável e economicamente viável, realizou-se uma análise de um mesmo projeto com os dois tipos de coberturas. A edificação da análise apresenta uma área de 69,74m² e pode ser observada no Anexo I. Na figura do anexo, é possível observar que a edificação conta com dois quartos, um banheiro, uma área de serviço, sala e cozinha, sua cobertura foi projetada para receber telhas estilo plan, que exige uma inclinação de 30%, resultando em um total de 82,75m² de área de cobertura.

A planta de cobertura, Anexo I, foi projetada pelos engenheiros da empresa Isoeste metálica, que disponibilizou as vistas das coberturas em 3D, Figuras 4 e 5. A Figura 4 apresenta a vista da cobertura em madeira e a Figura 5 em *Light steel frame*. Os desenhos apresentados nas Figuras 4 e 5 foram tomados por base para o levantamento dos custos de cada uma das estruturas.

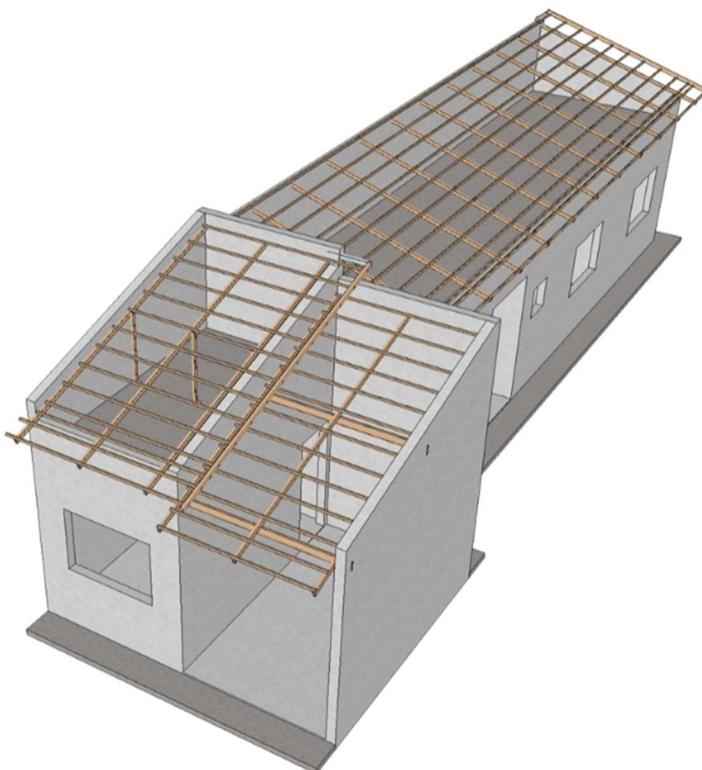


Figura 4. Vista da cobertura de madeira (Isoeste Metálica, 2020)

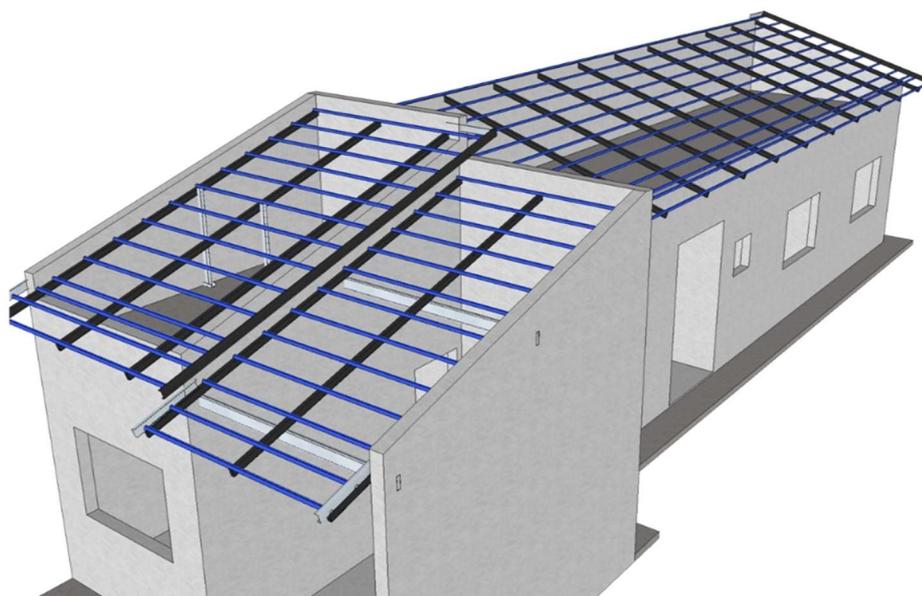


Figura 5. Vista da cobertura em Light steel frame (Isoeste Metálica, 2020)

3.3 Análise e Comparação dos Dados Obtidos

Os dados coletados foram apresentados na forma de um quadro comparativo, onde foram observadas, para os dois tipos de cobertura, as seguintes características: custo do material, carga (massa), resistência, durabilidade. Através dos dados foi possível fazer uma comparação dos tipos de cobertura, a fim de analisar as particularidades de cada sistema. Essas análises foram de vital importância para apresentar qual dos tipos de cobertura se mostrou mais viável técnica e economicamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estruturas de madeira

A madeira que foi utilizada na análise é a Curupixá ou Guajará. Tomando por base o catálogo de madeiras Brasileiras para construção civil de 2013, é possível analisar as propriedades físicas da madeira, como é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição da Madeira Guajará com 12% de umidade (IPT, 2013)					
Tipo	Densidade aparente	Densidade básica	Contração radial	Contração tangencial	Contração volumétrica
Guajará	790 kg/m ³	670kg/m ³	4,7%	9,7%	14,0%

Foram coletadas informações sobre as propriedades da madeira na Tabela 1 para realização do cálculo do peso da madeira, para posteriormente, comparar esse dado com o do aço. Neste trabalho, está sendo considerada a densidade aparente do material com umidade de 12%, equivalendo a 790 kg/m³ e volume de 1,79 m³, dado retirado das Tabelas 1 e 2 do Anexo II.

Para o cálculo da massa madeira (M), multiplicou-se sua densidade pelo seu volume, conforme indica a Eq. (1).

$$M = 790 \times 1,79 = 1.412,70 \text{ Kg} \quad (1)$$

A NBR 7190 (ABNT,1997) estabelece que devesse aumentar 3% a massa final da estrutura de madeira devido aos seus componentes, como prego, chapas e parafusos, portanto, a massa final ficará conforme apresenta a Eq. (2).

$$MF = 1.412,70 \text{ Kg} \times 3\% = 1.847 \text{ Kg} \quad (2)$$

O orçamento do valor do madeiramento foi feito em duas empresas: Madeireira São Carlos e Madeireira Terra Grande, não levando em conta o valor do transporte, e sim somente o custo do material. O custo foi calculado levando em consideração as medidas do comprimento dos elementos que estão apresentado em projetos. No total foi calculado 187 metros de vigota (6 x 14); e 143 metros de ripa (5x3). O preço oferecido pelas madeireiras é referente ao metro linear de cada elemento. Na Madeireira Terra Grande a vigota custa 13,00 R\$/m e a ripa 4,00 R\$/m, já na Madeireira São Carlos a vigota custa 15,00 R\$/m e 3,80 R\$/m as ripas. Os valores de cada empresa ficaram da seguinte maneira conforme a tabela 2.

Tabela 2. Custo Do Madeiramento							
MADEIREIRA TERRA GRANDE				MADEIREIRA SÃO CARLOS			
Elemento	Metro	Custo	Total	Elemento	Metro	Custo	Total
Vigota	187	R\$ 13,00	R\$ 2.435,94	Vigota	187	R\$ 15,00	R\$ 2.810,70
Ripa	143	R\$ 4,00	R\$ 571,28	Ripa	143	R\$ 3,80	R\$ 542,72
Total			R\$3.007,22	Total			R\$3.353,42

Com base na análise de dados é possível observar que a estrutura de madeira ficou com um peso de 36,34 kg por metro quadrado de cobertura e o peso total foi de 1.412,70 Kg.

4.2 Estruturas em *Light steel frame*

De forma análoga ao que foi feito para a madeira, foram realizados os cálculos, para a estrutura em *Light steel frame*, da massa e custo, conforme apresentam as Tabelas 1 e 2 do Anexo II. O projeto e orçamento foram repassados pela empresa Isoeste metálica, com base nos dados adquiridos, a estrutura pesa 4,15 kg/m², correspondendo no total a 343,75kg.

A empresa repassou ainda o custo do material por peso (kg). Devido ao novo cenário mundial em meio a uma pandemia, o custo da matéria prima e da produção do *LSF* aumentou, e, conseqüentemente, o seu custo também. Desse modo, foram repassadas duas tabelas para o orçamento: uma equivalente ao custo antes da pandemia (Tabela 1 – Anexo II) e o valor atualizado durante a pandemia (Tabela 2 – Anexo II), que equivalem, respetivamente, à 8,26 R\$/kg e 12,67 R\$/kg, com um aumento de aproximadamente 35% no custo do material. Através desses dados, pode-se determinar que o custo para executar o telhado de 82,75m² utilizando o *LSF* é de R\$ 4355,31 durante a pandemia e o valor seria de R\$ 2835,93 anteriormente a esse período.

4.3 Comparativo das Estruturas de Madeira e *Light Steel Frame*

Com o intuito de exemplificar as diferenças do peso e do custo das estruturas de cobertura em *LSF* e madeira, foram elaborados os Gráficos 1 e 2. A unidade utilizada para peso foi quilo (kg) e o custo das estruturas é dado em reais (R\$).

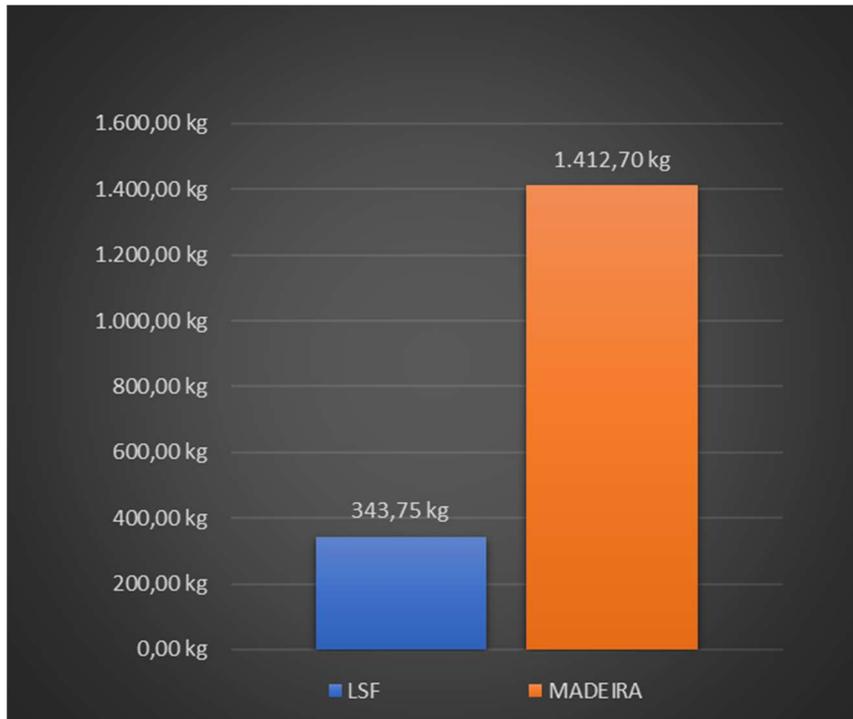


Gráfico 1. Comparação dos pesos das estruturas de cobertura

Avaliando o Gráfico 1, observa-se que a estrutura de cobertura LSF é 1068,95 kg mais leve que a estrutura de cobertura em madeira, isso devido a junção de elementos de liga como o nióbio e o titânio, que apresenta propriedades diferentes, mas quando misturados em um processo termomecânico controlado, faz com que o material tenha alta resistência mecânica, assim podendo reduzir a espessura das peças estruturais, e conseqüentemente se tornando mais leves.



Gráfico 2. Custos das estruturas de cobertura

Considerando o Gráfico 2, observa-se que a estrutura em *LSF* antes da pandemia é mais econômica que a estrutura de cobertura de madeira em comparação com ambas as madeiras. Em comparação com a madeira São Carlos a diferença é de R\$ 517,95 e em comparação com a Terra Grande é de R\$ 171,30. Com o novo cenário mundial (covid-19) a estrutura em *LSF* sofreu uma alta de R\$ 1519,39, como pode ser visto no Gráfico 2, ficando 44,82% mais caro do que o orçamento na madeira Terra Grande, eleita como a mais econômica entre as madeiras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização dos estudos e análises desenvolvidos nesse trabalho, foi possível observar a grande eficácia do *Light Steel Frame* em estruturas de coberturas residenciais. Comparando com a madeira, esta pode ser considerada como uma estrutura leve, ecológica, e de rápida execução. No entanto, o período pandêmico devido ao Covid-19 afetou muito o seu custo, tornando a estrutura de cobertura executada com este material mais cara do que com madeira.

A estrutura de cobertura em *Light steel frame* se sobressai no quesito desperdício, se comparado com uma estrutura de cobertura convencional, e em seu revestimento exterior pode-se utilizar vários materiais, podendo substituir um de maior preço por um mais barato diminuindo assim o custo da obra. Portanto essa é uma inovação que ao ser implantada em um projeto e obra, pode ser vantajosa e economicamente viável dependendo das características de projeto.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16775:2020- Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço — Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem — Requisitos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2020.
- NBR 7190:1997 - Projeto de estruturas de madeira**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 1997.
- NBR 8800: 2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2008.
- BARROS, V. V. B. **Estruturas em light steel framing: projeto e dimensionamento em softwares 3D**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2017.
- BELLEI, I. H. Edifícios de múltiplos andares em aço. In: BELLEI, I. H. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini, 2008. p. 558.
- CARMO WOOD. **Estruturas em Madeira. Estruturas de Madeira e Cobertura de Grandes Espaços**. Disponível em: <https://www.carmo.com/pt/produtos/estruturas-emmaadeira-3/estruturas-de-madeira-e-coberturas-de-grandes-espacos-36>. Acesso em: 15 maio 2020.
- CASTRO, Betina Guimarães dos Santos. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. 2005. 206 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- COGO, J. R. B. **Análise comparativa entre coberturas de aço e de madeira: uma avaliação entre o tradicional e o inovador**. Universidade de Araraquara, Uniara Qualifica, 2018.
- CONSTRUMAX ALFA. **Telhado Steel Frame – Perfil Steel Frame para Telhados**. Disponível em: <https://www.construmaxalfa.com.br/teelhado-steel.html>. Acesso em: 15 maio 2020.
- COUTINHO, A. L. M. **Telhados de Edificações Habitacionais**. 9f. 10f. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- DA ROCHA, P. P. **Steel Frame: Tecnologia na Construção Civil**. Revista Científica FacMais, v.VIII, n.2, p.226, fev/mar. 2017.
- FERREIRA, V. P. **Estudo Comparativo entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 20f. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.
- FLACH, R. S. **Estruturas para Telhados: Análise Técnica de Soluções**. Monografia (Bacharel) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012
- HASS, D. C. G. e MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel: Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

HERNANDES, H. **Sistema construtivo steel framing**. Disponível em: <www.cbcaiabr.org.br/upfiles/downloads/apresent/palestra_ABM2.doc> Acesso em: set, 2020.

JUNIOR, O. L. DA S. e JUNIOR, C. A. B. **Roteiro para elaboração do planejamento da produção de empreendimentos da indústria da construção civil, segundo os princípios da construção enxuta**. UERJ, Rio de Janeiro, 2010.

LONGSDON, N.B. **Estruturas de madeira para coberturas sob a ótica da NBR 7190/1997**. Universidade Federal do Mato Grosso. Faculdade de Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal. Cuiabá, 2002.

MELO, V. O. **Viabilidade Construtiva**. 9f. Monografia (Especialização) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

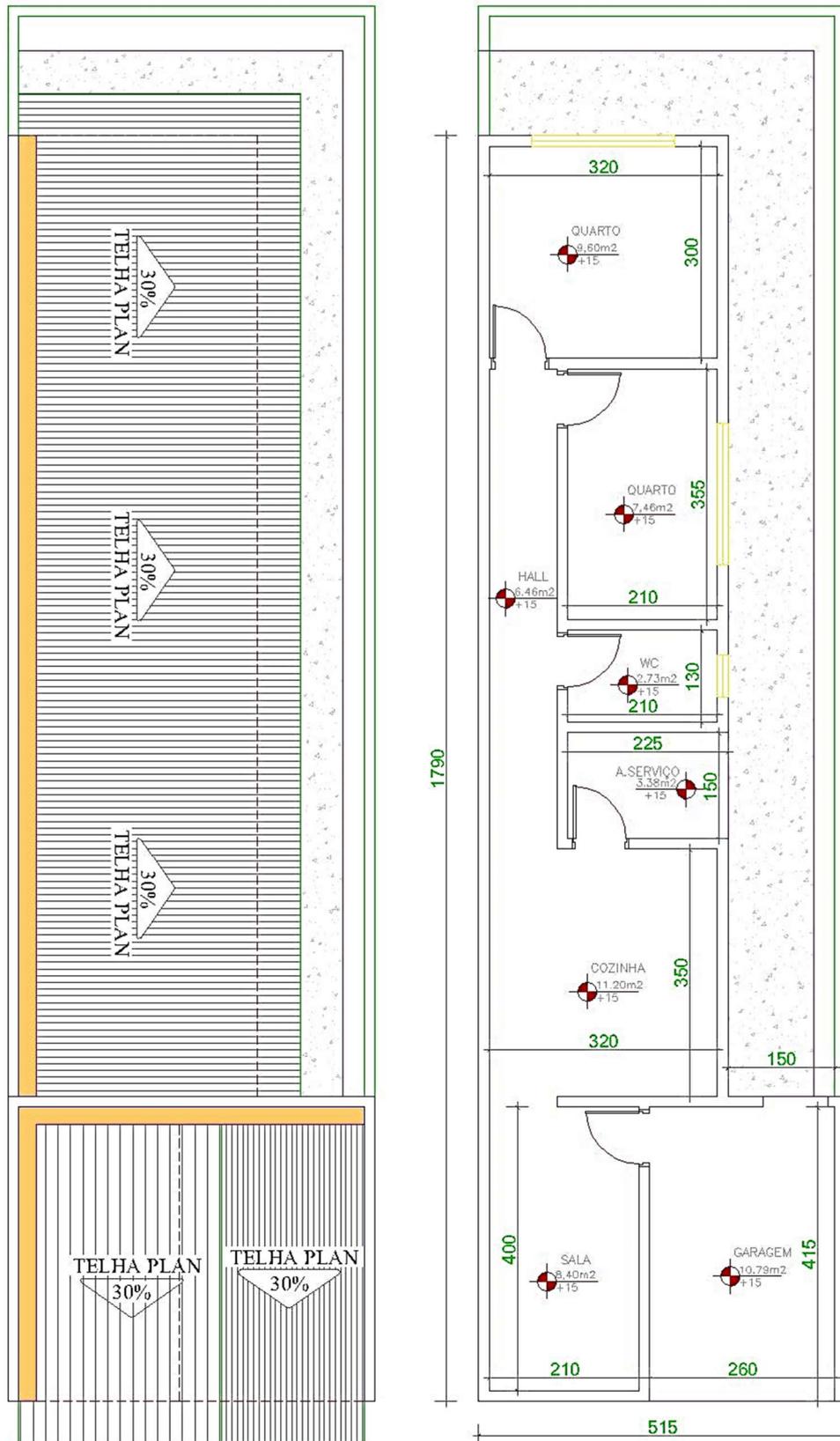
PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing**. Universidade tecnológica Federal do Caraná, Campo Courão, 2013.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SAMPAIO, F. M. **Orçamento e custo da construção**. São Paulo: Hemus, 2004. 292p.
BUENO, C. F. H. **Técnicas Construtivas**. Disponível em Acesso em 12 set 2020.

ANEXO I

Figura 1. Planta de cobertura e baixa da edificação para os tipos de coberturas



ANEXO II

Este anexo apresenta as tabelas que foram disponibilizados pelas empresas Isoeste Metálica, Madeireira Casa Grande e Madeireira São Carlos onde fazem referência a dados importantes para realização dos quantitativos de peso e custos de lsf e madeira.

Tabela 1 – Quantitativo lsf antes pandemia.

TABELA 01 - QUANTITATIVO LSF ANTES PANDEMIA (ISOESTE METÁLICA, 2020).								
TIPO	PERFIL	TAG	COMPRIMENTO	QUANT.	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
CAIBRO 01	ISO UE 70	CB01	4000 mm	24	1,13	108,48	96,00	96,00
CAIBRO 02	ISO UE 70	CB02	4965 mm	12	1,13	67,33	59,58	59,58
PONTALETE 01	ISO UE 70	PT01	1235 mm	3	1,13	4,19	3,71	3,71
VIGA 01	ISO UE 140	VG01	2650 mm	4	1,44	15,26	10,60	10,60
PERFIL BASE 01	ISO US 70	PB01	150 mm	3	0,88	0,40	0,45	0,45
TABEIRA 01	ISO US 90	TB01	4175 mm	1	1	4,18	4,18	4,18
TABEIRA 02	ISO US 90	TB02	5000 mm	1	1	5,00	5,00	5,00
TABEIRA 03	ISO US 90	TB03	755 mm	3	1	2,27	2,27	2,27
TABEIRA 04	ISO US 90	TB04	700 mm	2	1	1,40	1,40	1,40
RIPA 01	ISO CAR3020#080mm	RP01	4968 mm	23	0,57	65,13	114,26	114,26
RIPA 02	ISO CAR3020#080mm	RP02	4350 mm	12	0,57	29,75	52,20	52,20
RIPA 03	ISO CAR3020#080mm	RP03	2850 mm	12	0,57	19,49	34,20	34,20
RIPA 04	ISO CAR3020#080mm	RP04	3000 mm	2	0,57	3,42	6,00	6,00
RIPA 05	ISO CAR3020#080mm	RP05	2350 mm	13	0,57	17,41	30,55	30,55
PRESILHA	ISO CAR3020#080mm	PC	40 mm	2	0,57	0,05	0,08	0,08
peso total						343,75		
preço total						R\$2.835,93		

Tabela 2 – Quantitativo lsf durante pandemia.

TABELA 02 - E QUANTITATIVO LSF DURANTE PANDEMIA (ISOESTE METÁLICA, 2020).								
TIPO	PERFIL	TAG	COMPRIMENTO	QUANT.	PESO m.l	PESO PARCIAL	TOTAL m	TOTAL GERAL M
CAIBRO 01	ISO UE 70	CB01	4000 mm	24	1,13	108,48	96,00	96,00
CAIBRO 02	ISO UE 70	CB02	4965 mm	12	1,13	67,33	59,58	59,58
PONTALETE 01	ISO UE 70	PT01	1235 mm	3	1,13	4,19	3,71	3,71
VIGA 01	ISO UE 140	VG01	2650 mm	4	1,44	15,26	10,60	10,60
PERFIL BASE 01	ISO US 70	PB01	150 mm	3	0,88	0,40	0,45	0,45
TABEIRA 01	ISO US 90	TB01	4175 mm	1	1	4,18	4,18	4,18
TABEIRA 02	ISO US 90	TB02	5000 mm	1	1	5,00	5,00	5,00
TABEIRA 03	ISO US 90	TB03	755 mm	3	1	2,27	2,27	2,27
TABEIRA 04	ISO US 90	TB04	700 mm	2	1	1,40	1,40	1,40
RIPA 01	ISO CAR3020#080mm	RP01	4968 mm	23	0,57	65,13	114,26	114,26
RIPA 02	ISO CAR3020#080mm	RP02	4350 mm	12	0,57	29,75	52,20	52,20
RIPA 03	ISO CAR3020#080mm	RP03	2850 mm	12	0,57	19,49	34,20	34,20
RIPA 04	ISO CAR3020#080mm	RP04	3000 mm	2	0,57	3,42	6,00	6,00
RIPA 05	ISO CAR3020#080mm	RP05	2350 mm	13	0,57	17,41	30,55	30,55
PRESILHA	ISO CAR3020#080mm	PC	40 mm	2	0,57	0,05	0,08	0,08
peso total						343,75		
preço total						R\$4.355,31		

Tabela 3 – Quantitativo da madeira São Carlos

TABELA DE QUANTITATIVO MADEIRA (MADEIREIRA SÃO CARLOS, 2020)								
TIPO	ALTURA	LARG	COMPRIMENTO	VOLUME	QUANT.	DENSIDADE APARENTE	PESO PARCIAL	TOTAL GERAL M
VIGOTA 01	0,14	0,06	4,000 m	0,034 m ³	24	790 kg/m ³	637,06 Kg	96
VIGOTA 02	0,14	0,06	4,965 m	0,042 m ³	12	790 kg/m ³	395,37 Kg	60
VIGOTA 03	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
VIGOTA 04	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
VIGOTA 05	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
RIPA 01	0,03	0,05	4,968 m	0,007 m ³	4	790 kg/m ³	23,55 Kg	20 m
RIPA 02	0,03	0,05	4,350 m	0,007 m ³	12	790 kg/m ³	61,86 Kg	52 m
RIPA 03	0,03	0,05	2,850 m	0,004 m ³	12	790 kg/m ³	40,53 Kg	34 m
RIPA 04	0,03	0,05	3,000 m	0,005 m ³	2	790 kg/m ³	7,11 Kg	6 m
RIPA 05	0,03	0,05	2,350 m	0,004 m ³	13	790 kg/m ³	36,20 Kg	31 m
peso total							1.412,70 Kg	
preço total							R\$3.353,42	

Tabela 4 - Quantitativo da madeira Terra Grande

TABELA DE QUANTITATIVO MADEIRA (MADEIREIRA TERRA GRANDE, 2020)								
TIPO	ALTURA	LARG	COMPRIMENTO	VOLUME	QUANT.	DENSIDADE APARENTE	PESO PARCIAL	TOTAL GERAL M
VIGOTA 01	0,14	0,06	4,000 m	0,034 m ³	24	790 kg/m ³	637,06 Kg	96
VIGOTA 02	0,14	0,06	4,965 m	0,042 m ³	12	790 kg/m ³	395,37 Kg	60
VIGOTA 03	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
VIGOTA 04	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
VIGOTA 05	0,14	0,06	2,650 m	0,022 m ³	4	790 kg/m ³	70,34 Kg	11
RIPA 01	0,03	0,05	4,968 m	0,007 m ³	4	790 kg/m ³	23,55 Kg	20 m
RIPA 02	0,03	0,05	4,350 m	0,007 m ³	12	790 kg/m ³	61,86 Kg	52 m
RIPA 03	0,03	0,05	2,850 m	0,004 m ³	12	790 kg/m ³	40,53 Kg	34 m
RIPA 04	0,03	0,05	3,000 m	0,005 m ³	2	790 kg/m ³	7,11 Kg	6 m
RIPA 05	0,03	0,05	2,350 m	0,004 m ³	13	790 kg/m ³	36,20 Kg	31 m
peso total							1.412,70 Kg	
preço total							R\$3.007,23	