



RELISE

ANÁLISE COMPARATIVA DE ESTRUTURAS DE TELHADO EM MADEIRA E METAL PARA CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS: CUSTO-BENEFÍCIO E FATORES DECISÓRIOS¹

COMPARATIVE ANALYSIS OF WOOD AND METAL ROOF STRUCTURES FOR RESIDENTIAL BUILDINGS: COST-BENEFIT AND DECISION-MAKING FACTORS

Luan Victor Nogueira²

Gevair Campos³

RESUMO

Este estudo comparou as estruturas de telhado de madeira e metal, visando o custo-benefício para construções residenciais em Unaí, Minas Gerais. A pesquisa foi de caráter exploratório, utilizando abordagens quantitativas e qualitativas, com entrevistas com especialistas e análise de orçamentos. Os resultados indicaram que, embora a estrutura de madeira apresente um custo inicial menor, a estrutura metálica se destaca pela maior durabilidade, resistência e menor tempo de construção. A escolha do material mais adequado depende de uma análise cuidadosa de fatores como custos, tempo de execução e a durabilidade necessária, considerando as necessidades específicas de cada projeto.

Palavras-chave: construção residencial, telhado, estruturas metálicas, estruturas de madeira, custo-benefício.

ABSTRACT

This study compared wooden and metal roof structures, focusing on the cost-benefit for residential buildings in Unaí, Minas Gerais. The research was exploratory, utilizing both quantitative and qualitative approaches, with expert interviews and budget analysis. The results showed that, while the wooden structure has a lower initial cost, the metal structure stands out for its greater

¹ Recebido em 02/02/2025. Aprovado em 27/02/2025. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.19428193

² Faculdade CNEC Unaí. luanvictor_unai@hotmail.com

³ Faculdade CNEC Unaí. javas1989@gmail.com



RELISE

durability, strength, and shorter construction time. The choice of the most suitable material depends on a careful analysis of factors such as costs, construction time, and required durability, considering the specific needs of each project.

Keywords: residential construction, roof, metal structures, wooden structures, cost-benefit.

INTRODUÇÃO

Na construção civil, é perceptível um aumento da competição entre os fornecedores de materiais e insumos, devido às transformações nas relações de mercado, a busca pela excelência visando êxito na economia e o impacto ambiental. Cada vez, busca-se conhecer processos que de alguma forma possam contribuir para transformações na indústria, pois, muitas vezes representam economia de tempo, dinheiro, mão de obra e manutenção.

Ainda sobre o setor, o aço e a madeira têm desencadeado uma grande concorrência de mercado. A madeira, sendo uma matéria prima popularmente conhecida, é adotada como uma solução tradicional, porém, a mesma provoca danos ambientais no processo de extração, no caso do desmatamento, que muitas vezes se torna de difícil recuperação e também pela procura sem limites por matéria-prima de qualidade. Entretanto, o uso do aço, considerado uma solução inovadora, ganha cada vez mais espaço no mercado permitindo uma maior economia e menor impacto ambiental.

No que se refere à construção de um telhado residencial, diante do projeto, cabe decidir qual será o material para a montagem da estrutura, podendo este ser de aço ou madeira. Antes disso, torna-se indispensável uma análise custo-benefício de cada estrutura, para que esta se adéque as necessidades desejadas pelo cliente.

A cobertura, também conhecida como telhado, desempenha um papel fundamental. Ela tem como objetivo proteger a edificação da ação das intempéries, nos ambientes internos desempenha o papel de regulador térmico,



RELISE

sendo considerada um excelente isolante térmico, além de exercer sua função estética junto a alvenaria e os demais componentes externos [1].

Ressalta-se que a cobertura deve suportar além dos elementos apoiados ou fixados a estrutura, o peso dos forros suspensos, revestimentos de cobertura, materiais de isolamento, elementos naturais como a carga do vento e ainda, o peso próprio de seus componentes [2]. O telhado deve estar apropriado de acordo com toda a edificação.

Vários estudos destacam as vantagens e desvantagens do uso da madeira para coberturas, como [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]. Já os estudos de [5] [7] [8] [9] [10] [11], destacam vantagens e desvantagens da utilização do aço em coberturas de projetos residenciais. Vale ressaltar, que a escolha entre aço e madeira, deve levar em consideração, não somente as vantagens e desvantagens, mas também a localidade de realização da construção.

A utilização da madeira como elemento construtivo para estruturas de telhados é bastante tradicional, sendo um material essencial à existência humana desde o início da civilização. Em relação ao custo, torna-se cada vez mais elevado devido à escassez da matéria-prima e, com isso, na busca por novas espécies, as madeiras de reflorestamento tornam-se uma opção para a indústria da madeira. Contudo, no mercado da construção civil houve uma expansão no uso das estruturas de aço como tecnologia construtiva, devido a este material apresentar maior durabilidade e resistência. Além disso, o mesmo mostra-se como uma opção competitiva na construção de estruturas para telhados, pois, de forma ecológica o seu uso colabora para a preservação das florestas nativas.

Diante das evidências, a questão problema, que servirá como base para a pesquisa é: através de uma comparação em relação ao custo-benefício, qual estrutura, a metálica ou de madeira, terá um melhor custo-benefício na construção de um telhado residencial na cidade de Unaí-MG?



RELISE

Antes de se iniciar a execução do projeto de um telhado, devem-se comparar diversos fatores existentes para se tomar a decisão de qual método construtivo será trabalhado. Cada vez mais, os usuários procuram um custo-benefício preciso que é limitado por diversos fatores como custos de material, mão de obra e tempo de execução. Estes fatores são considerados como únicos de cada obra, tornando o estudo para a escolha do tipo e método construtivo da estrutura essencial.

Ressalta-se a importância de tal pesquisa para o meio acadêmico, pois, servirá como fonte de pesquisas para o desenvolvimento de estudos futuros, assim como suas contribuições para o mercado da construção civil, uma vez que a partir deste estudo, será possível trabalhar com o material adequado à obra em questão.

Neste sentido, este estudo se justifica pela necessidade de se apontar na escolha da estrutura de um telhado o material correto visando obter um melhor custo-benefício, seja ele metálico ou madeira.

O desenvolvimento do presente estudo tem como objetivo identificar o melhor custo-benefício entre estruturas metálicas e de madeiras para construções de telhados no município de Unaí, Minas Gerais. O estudo apresenta uma comparação de custos de estruturas metálicas e de madeiras na construção de telhados, buscando identificar o melhor custo-benefício.

REVISÃO DE LITERATURA

São apresentados nos itens a seguir as principais informações em relação ao aço e a madeira, como história, aplicação, vantagens e desvantagens assim como o custo-benefício do uso desses materiais.



RELISE

Estruturas de madeira

A estrutura de madeira para telhados é considerada como o conjunto de componentes ligados entre si, com a função de suportar o telhado [12]. O autor ainda cita que entre os componentes constituintes das estruturas de telhados têm-se as tesouras (vigas), caibros, ripas e também os elementos de ligação.

Para as estruturas de telhados, as peças de madeira empregadas devem ser tratadas para se tornarem resistentes a agentes externos. Para isso, as madeiras devem ser tratadas somente quando não apresentarem resistência natural contra o ataque de insetos e ao apodrecimento [13]. Ressalta-se a necessidade do uso de tintas a óleo ou esmaltes (pintura impermeabilizante) para o tratamento das peças com as superfícies sujeitas a ação das intempéries. Ainda, conforme [13] não se deve empregar na estrutura peças que: a) sofreram esmagamentos ou outros danos que possam comprometer a segurança da estrutura; b) apresentam alto teor de umidade, isto é, madeiras verdes; c) apresentam defeitos como nós soltos, nós que abrangem grande parte da seção transversal da peça, fendas exageradas, arqueamento acentuado, etc.; d) não se adaptam perfeitamente nas ligações; e e) apresentam sinais de deterioração, por ataque de fungos ou insetos.

Em relação às peças de madeira serrada (transformação primária da madeira bruta), a NBR 14807:2002 [14] apresenta as dimensões e a identificação de cada elemento (Tabela 1). O recomendado é que se utilize peças com seções comerciais, visando não afetar no preço da estrutura do telhado tornando-a mais cara [15].

No Brasil, a estrutura de telhado tradicionalmente utilizada originou-se a partir do telhado de telhas cerâmicas portuguesas. A estrutura de madeira serrada é caracterizada como descontínua (sistema de grelhas sucessivas, em que o espaçamento e a resistência das peças lineares diminuem à medida que aumenta o nível), sendo formada pelas tesouras (estruturas principal) e também



RELISE

por terças, caibros e ripas (estrutura secundária) [13], representados na Figura 1.

Tabela 1: Dimensões das peças de madeira serrada

Nome da peça	Espessura	Largura
Pranchão	De 71 a 161	161 e acima
Prancha	De 39 a 70	161 e acima
Pranchinha	38	100 e acima
Viga	De 40 a 80	De 81 a 160
Caibro	De 40 a 80	De 50 a 80
Tábua	De 10 a 37	100 e acima
Sarrafo	De 21 a 39	De 20 a 99
Ripa	De 10 a 20	De 20 a 50
Ripão	De 15 a 20	De 51 a 70
Pontalete	De 70 a 80	De 70 a 80
Quadrado	25	25
Quadrado	Lado: 100 e acima	

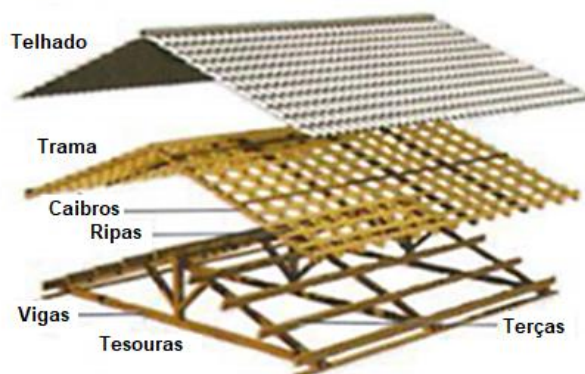
Notas

1 Para o efeito de utilização da tabela, as casas decimais, porventura obtidas nas medidas, devem ser desprezadas

2 Um pontalete é sempre de seção quadrada.

Fonte: Adaptado de NBR 14807:2002 [14].

Figura 1: Madeiramento tradicional de telhas cerâmicas



Fonte: Adaptado de [16].

Para se executar tal estrutura torna-se necessário a mão de obra especializada de um carpinteiro ou uma equipe desses profissionais. De maneira



RELISE

artesanal, a estrutura é montada utilizando as peças de madeira serrada de comprimento padrão.

No entanto, nem sempre o projeto da estrutura é feito por um profissional com o conhecimento específico para tal, neste caso, o executor responsável pela construção da estrutura do telhado deve ter o conhecimento necessário para desempenhar a tarefa, sendo a estrutura do telhado totalmente dependente do mesmo. Caso seja necessária a realização de modificações no canteiro de obras, este sistema construtivo se mostra bastante flexível.

A madeira apresenta vantagens como boa resistência, baixa massa específica, isolante térmico e acústico, como também facilidade na montagem de uma estrutura sem a exigência de ferramentas especiais, sendo esse material de maior procura na construção civil associada com telhados. Outras vantagens como a facilidade de encontrar e manusear a madeira; ser um recurso reutilizável e renovável; custos de compra e instalação são relativamente baixos; entre outras [7]. Dentre essas vantagens é importante salientar o emprego da mão de obra não especializada para a execução dos projetos. Para as estruturas, são utilizadas as madeiras serradas, podendo ser comparada a um elemento pré-moldado, de fácil montagem. Entretanto, independentemente de sua espécie, esse material também apresenta algumas desvantagens. Quanto a sua utilização, uma das principais é a sua deterioração pelo ataque de xilófagos, sendo também um material sensível a umidade e a intempéries.

O uso de madeiras em cobertura de projetos residenciais, tende a se tornar cada vez menos vantajoso, visto que a sua produção é muito mais demorada e possui uma série de limitações se comparada a materiais industrializados [5]. Já a lista desvantagens no uso de madeiras, como no uso de vigas de madeira precisa cortar uma grande árvore, e a sua utilização propicia ações de desmatamento; é preciso prover um tratamento antichamas; é preciso lidar com ela para protegê-la de insetos e fungos; a madeira absorve e perde



RELISE

umidade facilmente; expansão e contração também ocorrem com frequência, o que pode alterar seu tamanho; e, a madeira é um material orgânico e não homogêneo, o que significa que existem muitas diferenças entre as peças de madeira [7].

Estruturas de aço

A partir do final do século XVIII na Inglaterra, os metais ferrosos começaram a serem introduzidos em grandes estruturas. Para se trabalhar o esforço de compressão, os metais eram utilizados em pontes com elementos de ferro fundido [17]. No que se refere à construção civil, o aço é considerado o metal ferroso de maior importância quando comparado ao ferro fundido e o ferro laminado, pois, caracterizado como uma liga de ferro e carbono pode também ter o silício, manganês, fósforo, enxofre, entre outros elementos. Conforme o mesmo autor, em relação ao carbono presente na composição do aço, este pode variar de 0% a 1,7%. Ressalta-se que, o aço apresenta uma maior resistência, dureza e fragilidade de acordo com o aumento da sua quantidade de carbono.

O uso do ferro fundido e do aço no Brasil se deu no início no século XIX, quando passaram a serem introduzidos nas primeiras obras realizadas no país [18]. Entretanto, no setor da construção civil a indústria do aço, bem como sua participação no mercado apresentou crescimento somente em 1946, com o início das operações da usina Presidente Vargas da Companhia Siderúrgica Nacional.

No ano de 2011, o Brasil foi reconhecido como o nono maior produtor de aço do mundo, com cerca de 47,8 milhões de toneladas por ano de capacidade de produção instalada. Nesse mesmo ano, o país possuía um total de vinte e nove siderúrgicas [19].

Segundo a NBR 8800:2008 [20], para o uso específico em estruturas a seguinte norma descreve que: Os aços aprovados para uso nesta Norma para perfis, barras e chapas são aqueles com qualificação estrutural assegurada por



RELISE

Norma Brasileira ou norma ou especificação estrangeira, desde que possuam resistência ao escoamento máxima de 450 MPa e relação entre resistências de ruptura (f_u) e ao escoamento (f_y) não inferior a 1,18.

A estrutura de aço para telhado assemelha-se às estruturas de madeira, sendo composto pelas treliças, terças, caibros e ripas feitos de perfis de aço galvanizado. As peças são ligadas entre si para dar sustentação às telhas da cobertura de uma edificação.

O uso do aço em construções vem crescendo no Brasil, o que se deve às inúmeras vantagens que este tipo de estrutura apresenta, podendo ser empregada em qualquer tipo de construção, como por exemplo, edifícios residenciais, hospitais, restaurantes, coberturas de quadras esportivas, em casas residenciais, cobertura de postos de gasolina, entre outras [21]. Já as estruturas metálicas são muito comuns em edifícios comerciais e industriais, geralmente galpões, pois possibilita a construção de grandes vãos livres [22].

São vantagens do aço na construção: simplicidade e a praticidade da construção metálica garantem eficiência, com melhor utilização de insumos e mão de obra; a montagem ocorre de maneira organizada e rápida, conseqüentemente a construção em aço proporciona menores prazos; a estrutura de aço se adapta com facilidade a outros materiais, o que permite uma variada utilização de produtos no fechamento, cobertura e acabamento da obra; possui um potencial de reciclabilidade acima de 90%; a construção em aço permite uma maior organização e utilização do espaço disponível no canteiro de obras, evitando desperdício e entulho [23]. Além disso, é sempre uma obra limpa, garantindo melhor segurança e menor risco de acidentes de trabalho; a utilização do aço na construção permite uma fácil adaptação no caso de reformas e ampliações. Proporciona maior flexibilidade no projeto; possui elevada resistência mecânica, tornando a estrutura de aço muito leve, logo de fácil manuseio e custo reduzido com equipamentos de movimentação, assim como



RELISE

redução de cargas na fundação; estrutura de aço diz-se uma obra de projeto, ou seja, todos os detalhes e possíveis problemas são resolvidos no papel, antes mesmo de dar início à construção; um projeto em aço garante uma precisão milimétrica de níveis e prumos, facilitando montagem e o assentamento de portas, janelas e paredes; e, a garantia da qualidade do aço é resultado de um rigoroso controle dentro da usina siderúrgica. Esse processo garante a qualidade do projeto e da obra.

A execução da cobertura em aço, além de ser muito prática e durável, possui outra característica, onde o material é totalmente reciclável, podendo retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade [24]. A estrutura de telhado em aço representa uma nova tecnologia na construção civil, pela leveza, estética e conforto dessa estrutura. A Figura 2 apresenta uma estrutura em aço.

Figura 2: Estrutura do telhado em aço



Fonte: Adaptado de [25].

O aço também apresenta algumas desvantagens na sua utilização, tais como: limitação na execução em fábrica em função do transporte até o local de sua montagem final; necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação devido ao contato com o ar atmosférico; necessidade de mão de obra e equipamentos especializados para sua fabricação e montagem; e, limitação de fornecimento de perfis estruturais [25].



RELISE

Outras desvantagens, como a exigência de mão de obra qualificada, não encontrada facilmente no Brasil; como a fabricação e a montagem são atividades rápidas, o pagamento da estrutura deve ser realizado em um prazo menor que o da estrutura de madeira; e o aço requer tratamento especial com pintura para garantir sua proteção anticorrosiva e garantir sua durabilidade [7].

Apesar de apresentar desvantagens como qualquer outro material, ainda sim o aço apresenta vantagens que o torna um material atrativo para ser utilizado em determinadas estruturas. Segundo [5] o aço ainda é pouco explorado em coberturas no segmento residencial, observando assim um grande potencial de crescimento nesse importante mercado.

Além das desvantagens citadas, outro fator importante a ser observado no emprego do aço é a corrosão, alteração físico-química sofrida devido à sua reação com o meio, estas alterações transformam o aço em compostos químicos semelhantes ao minério de ferro, fazendo com que o material perca características essenciais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, entre outras, além da redução da seção resistente [26].

Análise custo-benefício

Utilizada como ferramenta essencial para tomadas de decisões, a análise custo-benefício, que compara os custos e benefícios em termos financeiros, permite obter informações favoráveis sobre efeitos considerados positivos ou negativos na realização de um determinado projeto. Através da seguinte análise é possível determinar se tal projeto é vantajoso ou não, para isso torna-se necessário estabelecer valores quantitativos e assim prosseguir com as comparações.

Define-se custo, como a importância necessária para que se obtenha certo bem ou serviço [27]. Por meio desta definição, a palavra “importância”



RELISE

significa “quantia”, ou seja, o recurso financeiro necessário para a obtenção de um bem ou serviço.

Já o conceito de custo é ampliado, onde se refere a qualquer gasto, monetário ou não, para se produzir determinado bem ou serviço, resultado da utilização de diversos insumos tais como matérias-primas e mão de obra direta [28]. Deve-se considerar também na composição dos custos as atividades indiretas, ou seja, as que não estão relacionadas diretamente a produção desses bens ou serviços.

Para determinar ou prever os custos para a realização de um empreendimento, antes mesmo de sua execução, é o processo necessário para a realização de um orçamento [27].

Orçamento na construção civil

O termo orçamento, com registro em um dos dicionários mais importantes da língua portuguesa, “é o cálculo dos gastos para realização de uma obra” [29].

O processo de orçamento consiste numa técnica que envolve identificar, descrever, quantificar e analisar os valores dos itens que irão compor o preço de venda de um empreendimento. Conforme o mesmo autor, o levantamento de materiais e serviços, obtenção de índices de serviços, dimensionamento de equipes, análise de viabilidade econômica entre outros, são aplicações que também recebem contribuição com o processo de orçamento [30].

O orçamento é um cálculo aproximado baseado em previsões, com isso, deve ser realizado de forma criteriosa e apurada. Ressalta-se que, os resultados de um orçamento devem apresentar uma certa precisão mesmo que não sejam exatos, sem desviar do custo efetivo, apresentado uma menor margem de erro.

De acordo com a Norma Técnica nº01/2011 [31], entre os tipos de orçamento existentes para a elaboração de orçamento de obras da construção



RELISE

civil, o orçamento por estimativa de custo se mostra como um método muito utilizado. Este método corresponde à avaliação de custo obtida por meio da pesquisa de preço no mercado com o auxílio de um projeto especificando a área a ser construída e demais dados preliminares, quantidade de materiais e serviços envolvidos. Por meio desta pesquisa, torna-se possível uma maior aproximação quanto ao valor real do projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa possui caráter exploratório, na qual busca fornecer informações relevantes para uma análise mais precisa a partir da exploração do tema em estudo. Este modelo de pesquisa envolve em sua parte inicial um levantamento bibliográfico, sendo necessária a consulta de materiais existentes para formar a base de conhecimento necessário na elaboração do trabalho, e também entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas e análise de exemplos que estimulem a compreensão [32].

No entanto, essa pesquisa se caracteriza também como bibliográfica, pois, torna-se necessária a revisão da literatura acerca das principais teorias que norteiam o trabalho científico. Chama-se a revisão de levantamento bibliográfico ou revisão de literatura, podendo ser realizada em livros, periódicos, artigo de jornais entre várias outras fontes de pesquisa. A pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas [33]. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.



RELISE

Por fim, o estudo de caso também se mostra presente nessa pesquisa. Sendo um método qualitativo, utiliza-se tal ferramenta para o correto entendimento dos motivos que influenciaram na tomada de decisões. O estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que busca compreender um método responsável por abranger tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados [34].

Este estudo tem como objetivo comparar o custo-benefício da utilização de dois materiais (aço e madeira) para a execução de uma estrutura de um telhado residencial. Sabe-se que o tipo de material a escolher dependerá das necessidades de cada cliente, bem como, o custo, mão de obra e conseqüentemente, o tempo de execução. Será analisado, o custo-benefício após se conhecer os respectivos custos das estruturas, obtidos através de um orçamento por estimativa de custos. Para isso foram realizadas entrevistas e contatos por telefone aos gerentes de duas empresas especializadas em estruturas de madeira e estruturas de aço, localizadas na cidade de Unaí-MG, para compreender quais os critérios que interferem no preço final das estruturas de telhados residenciais.

Os *softwares* utilizados foram o Auto Cad® (computer aided design), para a criação do projeto referente à estrutura do telhado e o Microsoft Office Excel® para a elaboração das tabelas dos custos.

O telhado residencial analisado possui duas águas, é embutido e apoiado sobre uma laje de cobertura, possuindo uma área de 153,38m². Devido a laje de cobertura estar apoiando as peças constituintes do telhado, no caso as terças, utilizou-se a estrutura pontaleada em substituição às tesouras (estrutura principal).

Optou-se por uma madeira com alta resistência conhecida como Jarana, para a estrutura de madeira. Já para o aço, optou-se por trabalhar com Perfis UDC enrijecidos, pois, este tipo específico de aço apresenta como principal



RELISE

característica a homogeneidade, possibilitando a montagem de forma precisa, ideal para quem busca robustez e resistência. Além disso, possui acabamento estrutural leve e solidez.

Devido à utilização de telhas metálicas com maior dimensão, utilizou-se somente as vigas em substituição às tesouras e às terças para ambas as estruturas, não sendo necessário os caibros e ripas. Para a estrutura de aço optou-se por peças com bitolas de 75 milímetros, espaçamento variando de 2 a 2,5 metros entre as vigas, e já para a estrutura de madeira foram utilizadas peças com bitola 5x10 centímetros, com espaçamento máximo entre as vigas de 2 metros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este orçamento foram considerados apenas os custos referentes às peças que compõem a estrutura metálica do telhado, como os pontaletes, as vigas metálicas e as terças. Os demais elementos como telhas, parafusos para fixação, e gastos com a utilização de solda para a ligação das peças não foram considerados. Cabe ressaltar que, os valores dos insumos do comércio local serviram como referência para o custo final de cada modelo de estrutura.

De acordo com a área do telhado, com 153,38m², no qual será montada a estrutura metálica, o tempo estimado de execução deste serviço através de mão de obra especializada de dois funcionários será de três dias. Com base na Tabela 2 observa-se o orçamento referente a estrutura metálica, sendo este realizado pela empresa especializada.

No que se refere à estrutura de madeira, observa-se na Tabela 3 o orçamento realizado para tal estrutura, sendo composta pelas terças, vigas em madeira e pontaletes. A cobertura onde será montada a estrutura de madeira possui uma área de 153,38m², e o tempo estimado para a montagem da mesma com a mão obra de três funcionários será de sete dias.



RELISE

Tabela 2: Orçamento Estrutura Metálica

Descrição	Quantidade (m)	N° de Peças	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
TERÇAS (Perfil Enrijecido UDC 75x40x17 – chapa 14mm) – 6m	123,11	21	88,60	1860,60
SUportes (Perfil Enrijecido UDC 75x40x17 – chapa 14mm) – 60	58,27	10	88,60	886,00
PONTALETES (Perfil Enrijecido UDC 75x40x17 – chapa 14mm) – 60	12,64	2,1	88,60	186,06
Total (R\$)				2932,66

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3: Orçamento Estrutura de Madeira

Descrição	Quantidade (m)	N° de Peças	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
TERÇAS (Madeira Jarana 5x10cm) – 3m	125	42	33,00	1386,00
SUportes (Madeira Jarana 5x10cm) – 3m	73	24	33,00	792,00
PONTALETES (Madeira Jarana 5x10cm) – 3m	16,35	5,5	33,00	181,5
Total (R\$)				2359,50

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme os dados apresentados, observou-se um custo total menor para a madeira quando comparada com a estrutura de aço. No entanto, aliados aos custos, os benefícios de cada material também foram considerados para a escolha da estrutura mais viável. Ressalta-se que, um produto que apresenta um menor custo, não necessariamente apresentará melhores benefícios ao longo de sua vida útil.

Ao realizar o dimensionamento da estrutura para a cobertura em estudo, feito pelo profissional específico para cada estrutura, foi repassado que não houve a necessidade de se utilizar peças com dimensões distintas para ambas as estruturas, uma vez que o telhado será embutido (menor inclinação) e apoiado



RELISE

em uma laje de cobertura, com isso, as cargas recebidas e distribuídas na estrutura serão menores.

Analisando primeiramente as terças necessárias para a estrutura utilizando os perfis enrijecidos UDC (75X40X17), constatou-se que a quantidade dessas peças será menor para a estrutura metálica em relação às peças necessárias para a montagem da estrutura de madeira, em função das peças metálicas suportarem um maior vão. Para a madeira foram utilizadas peças com dimensões de 5x10 cm, empregando a madeira Jarana. O custo total para as terças metálicas foi de R\$1.860,00 enquanto, para as terças em madeira o valor foi de R\$1.386,00.

Devido ao fato de o aço apresentar precisão milimétrica e também por ser um produto industrial com necessidade de precisão na montagem, torna-se possível encomendar a quantidade necessária com maior precisão em comparação à madeira, evitando assim desperdícios e gastos desnecessários.

Em relação às vigas, que desempenham o papel de banzo superior, houve um aumento evidente na quantidade de peças utilizando a madeira, devido ao fato de que os vãos para a estrutura de madeira serão menores, aproximadamente dois metros de distância. Já para a estrutura metálica foi recomendado pelo profissional, vãos entre dois metros e meio e três metros, diminuindo a quantidade de matéria prima. O custo total das vigas metálicas para aproximadamente 58 metros lineares de peça, considerando o valor unitário de R\$88,60 (peças comercializadas em barras de 6 metros de comprimento) será de R\$886,00. Para as vigas em madeira com 78 metros lineares (peças comercializadas em barras de 3 metros de comprimento) o valor total será de R\$792,00, ressaltando do preço unitário de R\$33,00.

Por último, no cálculo das peças que servirão como pontaletes ou montantes (estrutura principal), serão utilizados 12,64 metros lineares de peça metálica, aproximadamente duas peças com seis metros de comprimento cada,



RELISE

resultando em valor total de R\$186,06. As peças de madeira com três metros de comprimento cada, sendo aproximadamente 5,5 peças, apresentou um valor total de R\$181,50, considerando 16,35 metros lineares em peças de madeira.

Os pontaletes também são utilizados como estrutura principal em substituição às tesouras. Por sua vez, são peças dispostas verticalmente fixadas geralmente a uma peça de madeira ou metálica, se apoiando sobre as vigas principais ou lajes, distribuindo a carga recebida. Como vantagem esse modelo de estrutura apresenta um custo menor, no entanto, é preciso se atentar a algumas questões como a disposição dos pontaletes, pois, em lajes maciças os pontaletes poderão ser distribuídos em qualquer ponto, mas em lajes pré-moldadas não podem ser apoiados em sua estrutura, somente na direção das paredes ou fazer vigas invertidas ou de madeira para vãos menores [35].

Para o telhado embutido utiliza-se geralmente telhas de fibrocimento, zinco ou placas pré-moldadas de concreto como elemento de vedação, sendo protegida por uma elevação em alvenaria acima da linha do forro que forma um pequeno conhecido por platibanda [36].

As estruturas metálicas são apontadas como alternativa à madeira, principalmente, a elevação de preço e escassez deste material. Conforme o mesmo autor, a preservação do meio ambiente gerada pelas pressões da sociedade e também, pelo fato de que as peças industrializadas trazem qualidade para a construção e produtividade, são fatores que favorecem o uso das estruturas metálicas [37].

Embora ligada às construções industriais, o uso das estruturas metálicas é permitido em qualquer tipo de edificação, no entanto, é desprezada em relação à madeira devido à dificuldade por mão de obra especializada que, no caso da madeira pode ser encontrada com maior facilidade.

Ressalta-se na montagem da estrutura metálica a exigência por mão de obra especializada, pois, o aço sendo material industrializado possui



RELISE

uniformidade nos perfis metálicos, garantindo maior resistência a estrutura em comparação com a estrutura de madeira [18]. Além disso, observa-se uma maior qualidade no produto final.

Sendo assim, as estruturas metálicas para telhados, comparadas as de madeira, carecem de mão de obra especializada [38]. Geralmente o carpinteiro que faz a estrutura [de madeira] também faz o telhado, diminuindo os custos com mão de obra, além disso, o serviço também é mais fácil de ser encontrado no mercado [39].

No entanto, um mesmo profissional que desenvolve diversas tarefas dentro do canteiro de obras nem sempre representa sinônimo de qualidade. Sendo assim, entende-se a mão de obra especializada como um investimento, e não como um gasto a mais para a montagem da estrutura metálica.

Por apresentar diversas qualidades, a madeira é comercializada apresentando variações de preços e com isso, o custo dos telhados executados em madeira pode ser equivalente aos feitos em aço, ou até mesmo, custar mais caro [38].

No que se refere à relação custo-benefício, as estruturas metálicas se tornam mais econômicas a longo prazo, pois, diferente das estruturas em madeiras que estão sujeitas a ataques de cupins, ao clima, a umidade e outros fatores naturais, a estrutura metálica precisa ser protegida apenas contra ferrugem e com isso, terá uma vida útil muito superior às estruturas de madeira. Conforme a Tabela 4 é apresentado um comparativo de caráter qualitativo entre as estruturas.

Através do comparativo analisado percebe-se com maior clareza algumas características importantes que diferem os dois materiais e que podem interferir no momento de escolha. No gráfico da Figura 3, é representado o custo total orçado para as duas estruturas.



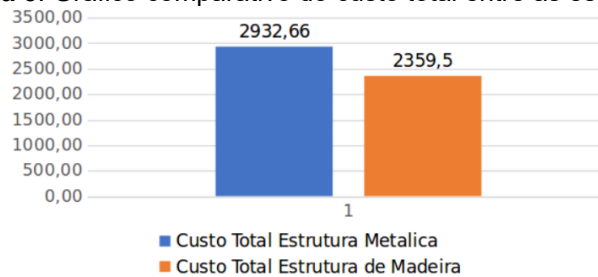
RELISE

Tabela 4: Comparativo entre estruturas

Item	Estrutura de aço	Estrutura de madeira
Mão de obra	Qualificada	Não Qualificada
Montagem	Rápida	Lenta
Custo	Maior	Menor
Peso da estrutura	Leve	Pesada
Precisão construtiva	Alta	Baixa

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3: Gráfico comparativo do custo total entre as estruturas



Fonte: Dados da pesquisa.

Pôde-se observar através do gráfico representado acima uma comparação entre os custos totais das estruturas, onde, o custo total da estrutura de madeira se mostrou como mais viável. No entanto, procurou-se evidenciar neste tópico outros fatores que foram primordiais para uma correta análise, e com isso, buscou-se evidenciar a estrutura metálica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste estudo foi de realizar uma análise comparativa econômica entre os sistemas de estruturas metálicas e estruturas de madeira para avaliar qual deles é o mais indicado para a execução de uma cobertura residencial. Sabe-se que a escolha por um ou outro material depende muito da finalidade da edificação a qual será executada. A redução do tempo também se tornou um fator decisivo na execução de projetos, uma vez que, o tempo de execução é um fator que influencia diretamente no retorno financeiro.



RELISE

O uso de estruturas metálicas em projetos de coberturas se tornou uma alternativa fundamental na construção civil por apresentar aspectos como durabilidade, praticidade e rapidez. Além disso, a estrutura metálica possui facilidade de manutenção e reparo e pouca geração de entulhos. A madeira também tem sido empregada corriqueiramente ao longo dos anos na execução de estruturas de coberturas residenciais devido sua facilidade de obtenção e suas propriedades mecânicas e físicas.

A partir da análise comparativa dos custos e benefícios proporcionados por tais coberturas aplicadas no projeto, pode-se perceber que o orçamento da estrutura de madeira foi mais econômico, com base nos achados da pesquisa. Neste estudo a madeira apresentou-se economicamente viável em decorrência da localidade da construção, dentre outros fatores. Como o objetivo do trabalho foi identificar o melhor custo-benefício, a madeira sobressaiu frente as estruturas metálicas.

Portanto, conclui-se que a economia de uma cobertura com estrutura metálica depende de diferentes fatores quando comparado com uma cobertura de madeira, assim sendo, deve-se analisar as duas alternativas para que haja um melhor custo-benefício na escolha do sistema construtivo. As limitações desse estudo, referem-se à mensuração da mão de obra para compor a orçamentação. Por fim, sugere-se para estudos futuros uma análise mais ampla envolvendo outros tipos de orçamento, considerando a construção de uma residência utilizando estrutura metálica e de madeira, a fim de obter mais um parâmetro para avaliar o custo-benefício entre estas estruturas.

REFERÊNCIAS

[1] RODRIGUES, E. **Técnicas das Construções: cobertura**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2006.



RELISE

[2] AZEREDO, H. A. de. **O edifício até a sua cobertura**. 2. ed. revista. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

[3] TEIXEIRA FILHO, P. R.; RAFAEL, I.; BARTELS, J.; LACERDA, M. C. Coberturas: os diversos tipos e suas características. **Revista Saberes**, da UNIJIPA. Nº 04 - Julho de 2016.

[4] LEMES, F. H. P.; CRUZ, W. V. de P. **Análise comparativa entre estrutura de cobertura em madeira e steel frame**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Evangélica de Jaraguá, Jaraguá, 2019.

[5] LUZ, P. P. V.; SILVA, D. J. F. **Estudo da viabilidade econômica de Telhados residenciais em estrutura de Aço e de madeira**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.

[6] PEREIRA, L. F. F. **Comparativo técnico-econômico de telhados residenciais: telhado colonial, telhado metálico e telhado verde**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, MG, 2019.

[7] AMORIM, D. P. R.; PAULA, D. S.; SILVEIRA, M. L. O.; SARTIN, K. R. **Análise de viabilidade técnica e econômica da cobertura de um galpão ao utilizar estruturas metálica ou madeira: um estudo de caso**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS, Goiânia, GO, 2020.

[8] OLIVEIRA, D. H.; SOARES, R. A. B.; SANTOS, V. H. D. Comparação entre as vantagens da utilização de estrutura metálica e estrutura de concreto armado. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n.4,p.17783-17793, apr. 2020..

[9] BORGES, B. V.; SILVA, M. V. L. **Análise comparativa das estruturas de madeira e light steel frame para cobertura de residência unifamiliar**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) UniEvangélica, Ceres, GO, 2021.

[10] FERREIRA, V. P. **Estudo Comparativo entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.



RELISE

[11] SÁ, G. R. F. **Steel Frame: Uma Alternativa Construtiva. Estudo de Caso: Comparação de Preços entre Concreto Armado e Light Steel Frame em um Projeto Escolar**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Católica de Petrópolis, Petrópolis, 2018.

[12] THOMAZ, E. **Cobertura com Estruturas de Madeira e Telhados com Telhas Cerâmicas**. São Paulo: IPT, 1988.

[13] IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Divisão de edificações. **Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas: manual de execução**. São Paulo: IPT; Sinduscon-SP, 1988.

[14] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14807:2002 - Peças de madeira serrada – dimensões**. Rio de Janeiro, 2002.

[15] BORGES, A. de C. **Prática das pequenas construções**. 9. ed. revista e ampliada. São Paulo: Blücher, 2009.

[16] CONSTRUÇÃO E MERCADO. **Estrutura de Telhados**. 2013. Disponível em: http://engenhariae-construcao.blogspot.com.br/2013_04_01_archive.html.

[17] PFEIL, W; PFEIL, M. S. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 7. ed. atualizada. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

[18] BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2000.

[19] INSTITUTO AÇO BRASIL. **Números de mercado**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/numeros/numeros—mercado.asp>.

[20] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.

[21] CORTEZ, L. A. R.; MACIEL, C. A. S.; SANTOS, P. B.; LIMA, R. T.; SANTOS, T. M. F.; NASCIMENTO, M. M. G. **Uso das Estruturas de Aço no Brasil. Cadernos de Graduação**, Alagoas, v. 4, n. 2, p.217-228, nov. 2017.

[22] FLACH, R. S. **Estruturas para telhados: análise técnica de soluções**. UFRS. Porto Alegre, Junho 2012.



RELISE

[23] CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. **Aço na construção civil**. Rio de Janeiro, 2011.

[24] PINHEIRO, M. **Construção Sustentável - Mito ou Realidade?** Lisboa, 2003.

[25] NASCIMENTO, F. **Estruturas Metálicas: projeto – critérios, análise estrutural e normas**. Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, Itu, 2011.

[26] TEOBALDO, I. N. C. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas**. 2004. Dissertação (Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2004.

[27] GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1991.

[28] LIMA, J. L. P. **Custos na construção civil**. 2000. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.

[29] FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3. ed. Curitiba: Posigraf, 2004.

[30] MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: Pini, 2007.

[31] INSTITUTO DE ENGENHARIA, **Norma técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**, [s.l.] 2011. Disponível em: <http://www.sinaenco.com.br/downloads/Norma.pdf>.

[32] GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 6ª. Edição. 2008.

[33] BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

[34] YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.



RELISE

[35] YAZIGI, W. **A arte de edificar**. 10^a ed. revisada e atualizada. Sindicato da Indústria e Construção Civil do Estado de São Paulo. Editora Pini. São Paulo, 2009.

[36] MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4. ed. rev. São Paulo: Blücher, 2010.

[37] CARDOSO, F. F. **Coberturas em telhados: notas de aula**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

[38] VENDRAMINI. **Qual tipo de estrutura devo utilizar na cobertura? Metálica ou madeira**. São Carlos, SP, 2016.

[39] GALVAMINAS. **Estrutura de aço ou madeira**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.galvaminas.com.br/blog/estrutura-de-aco-ou-madeira/>.