

Análise comparativa entre a aplicação de estruturas de cobertura metálicas e de madeira em residências de pequeno porte

Matheus Henrique Marques, Engenharia Civil, Integrado, Brasil,
matheus_marques0@hotmail.com

Juliano André de Freitas, Engenharia Civil, Integrado, Brasil,
ju_andre10@hotmail.com

Ana Flávia Canales, Engenharia Civil, Integrado, Brasil,
ana.flavia@grupointegrado.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo investigar a viabilidade da aplicação de coberturas metálicas em residências de pequeno porte, considerando as vantagens oferecidas em comparação com as coberturas convencionais de madeira. Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica abordando as propriedades, vantagens e desvantagens de cada tipo de cobertura. As características gerais, estruturais, durabilidade, desempenho térmico e acústico, sustentabilidade e custo-benefício para instalação e manutenção foram analisados e destacados. Posteriormente, foi exercido um projeto base para a comparação entre uma cobertura metálica e uma cobertura convencional, coletando dados significativos para a elaboração de resultados, incluindo informações sobre cargas e orçamento. Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação de coberturas metálicas podem ser uma opção econômica e eficiente para residências de pequeno porte. Considerando todos os aspectos analisados, conclui-se que a aplicação de coberturas metálicas em residências de pequeno porte apresenta diversos benefícios, tornando-se uma opção atrativa e viável para os proprietários. Essa escolha proporciona conforto, economia e sustentabilidade ambiental. Portanto, sugere-se que estudos e pesquisas adicionais sejam conduzidos nessa área, com o objetivo de aprimorar ainda mais a utilização desses materiais em construções residenciais.

Palavras-Chave: Cobertura Metálica; Vantagens Cobertura Metálica; Comparativo de Coberturas; Custo-benefício Cobertura Metálica

Abstract

This study aims to investigate the feasibility of applying metal roofing in small homes, considering the advantages offered in comparison with conventional wooden roofing. Initially, a literature review was carried out addressing the properties, advantages, and protection of each type of coverage. General characteristics, reinforced, durability, thermal and acoustic performance, sustainability, and cost-effectiveness for installation and maintenance were analyzed and highlighted. Subsequently, a base project was developed for the comparison between a metallic roof and a conventional roof, collecting sustained data for the elaboration of results, including information on loads and budget. The results reinforced that the application of metal roofing can be an economical and efficient option for small homes. Considering all the analyzed aspects, it is concluded that the application of metallic roofs in small houses presents several benefits, making it an attractive and viable option for owners. This choice provides comfort, economy, and environmental sustainability. Therefore, it is suggested that additional studies and research be maintained in this area, with the aim of further improving the use of these materials in residential construction.

Keywords: Metal Roofing; Advantages Metal Roofing; Comparative Roofing; Cost-effective Metallic Roofing.

1 INTRODUÇÃO

As obras civis habitacionais em geral utilizam estruturas de madeira e coberturas feitas de telhas de fibrocimento ou barro em suas construções. Essa abordagem é amplamente adotada devido ao seu custo relativamente baixo e por ser o método mais familiar para engenheiros e arquitetos responsáveis pelos projetos e execução das obras.

No entanto, como uma alternativa viável para esse tipo de telhado, existe a opção da utilização de estrutura metálica com telhas metálicas em zinco. As características desse sistema, como peso, preço e resistência, podem apresentar semelhanças significativas com as da madeira, e dependendo da demanda, podem ser ainda mais adaptáveis às exigências do projeto.

Considerando a durabilidade, destaca-se a estrutura metálica devido à sua resistência ao longo do tempo, a qual supera a das estruturas de madeira. Em suma, uma cobertura de madeira não apenas sofre maior desgaste com o passar do tempo, mas também requer maior manutenção para assegurar sua utilização por um período prolongado.

Para demonstrar essas diferenças, foi utilizado um projeto residencial onde já foi empregada a cobertura de madeira, e realizado um novo projeto de cobertura metálica em cima desse já pronto, para assim obter um ponto de referência e um comparativo dos esforços que ambos estão fazendo sob a estrutura.

Com esses dois projetos prontos, para métodos de comparação e levantamento de dados, foi levantado orçamentos de execução dos dois e do material que será utilizado em ambos, levando em conta o tempo para execução, valor da mão de obra e dos materiais. Com essas informações, de valor, tempo e esforço na estrutura, foi concluído de que se é viável ou não a utilização da metálica em coberturas residenciais.

Lima (2018) em “A relevância do uso de estruturas de aço em obras habitacionais populares” afirma que a utilização da cobertura metálica e estruturas de aço no geral podem aderir diversas vantagens durante a execução da obra quanto também após sua finalização.

Precisão e Economia: As estruturas de aço são construídas e fabricadas por processos de laminação ou soldagem diretamente da fábrica. Essa abordagem visa assegurar à obra uma redução significativa do desperdício de material, ao mesmo tempo em que pode diminuir a mão de obra necessária para a instalação.

Flexibilidade e Compatibilidade: As coberturas metálicas oferecem uma notável flexibilidade ao serem fabricadas de acordo com as necessidades específicas do cliente ou ajustadas conforme as exigências de um projeto. Além disso, suas telhas metálicas são projetadas para se adaptar de maneira flexível a diversos tipos de projetos. A estrutura demonstra uma ampla compatibilidade com diferentes tipos de bases, proporcionando versatilidade na aplicação em variados contextos construtivos

Execução e Qualidade: A utilização de telhas metálicas gera uma grande facilidade e agilidade no ato da execução de coberturas por ser de fixação simples, limpa e rápida, além disso oferecem uma garantia de qualidade muito maior do que os tipos convencionais, tendo um baixo índice de necessidade de substituição e claro suprimindo todas as necessidades da obra. (Qualidade ABNT coberturas metálicas NBR 14513/NBR 14514)

Área Útil e Reaproveitamento: Uma vantagem notável no uso de coberturas metálicas está na sua capacidade e praticidade para cobrir grandes vãos com uma única peça ou folha. Além disso, a flexibilidade dessas estruturas permite o reaproveitamento dos componentes metálicos em outras construções, caso haja a necessidade de demolir a estrutura original.

Redução de custos: Além dos benefícios previamente mencionados, como a capacidade de cobrir grandes vãos com uma única peça e o reaproveitamento de componentes metálicos, destaca-se a leveza da estrutura metálica. Essa característica resulta em uma menor carga sobre as fundações, gerando economia de materiais na construção das bases e estruturas. Essa análise reforça a contribuição significativa para a economia global da obra, evidenciando que a escolha de coberturas metálicas pode representar um investimento vantajoso.

1.1 Desempenho Térmico

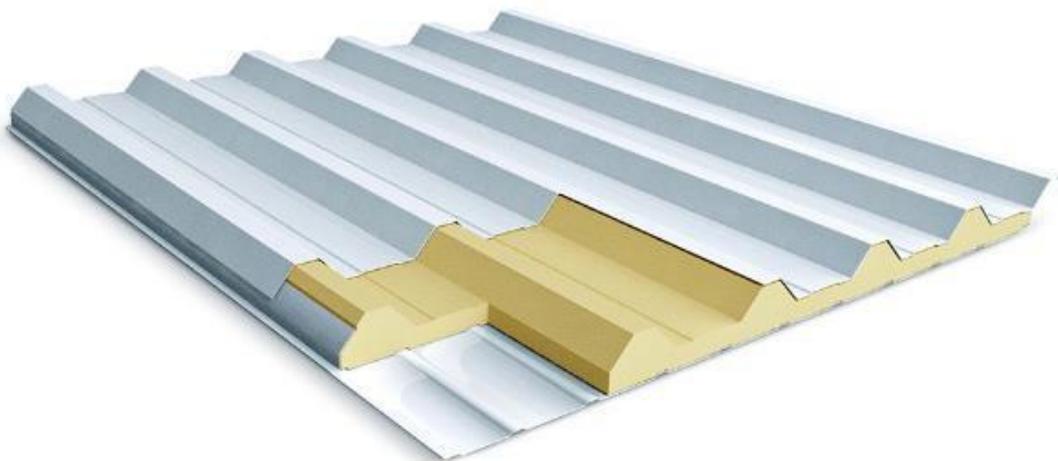
A eficiência energética de um edifício inicia-se no ponto mais alto, na cobertura. A pesquisa aprofundada do desempenho térmico dessa superfície desempenha um papel fundamental na promoção do conforto dos ocupantes, na redução do consumo de energia e na busca da sustentabilidade. Essa investigação exerce uma influência direta na melhoria da qualidade de vida dos habitantes do edifício e na minimização do impacto ambiental da construção.

De acordo com a avaliação experimental de Michels (2017) intitulado 'Avaliação experimental do desempenho térmico de coberturas', é observado um bom desempenho térmico nas coberturas metálicas, o que resulta em benefícios significativos em termos de conforto ambiental e eficiência energética.

Conforme o estudo, as coberturas metálicas apresentam uma capacidade de condução térmica eficiente, permitindo a rápida dissipação do calor e evitando o acúmulo excessivo de calor no interior dos ambientes. Além disso, a capacidade de refletir a radiação solar das coberturas metálicas contribui para reduzir a absorção de calor, resultando em temperaturas internas mais amenas.

Para melhorar ainda mais o desempenho térmico, é possível incorporar isolamentos térmicos complementares nas coberturas metálicas. Materiais isolantes, como lã de vidro, poliestireno expandido ou espuma de poliuretano, podem ser aplicados entre as camadas da cobertura metálica, reduzindo a transferência de calor entre o interior e o exterior dos ambientes.

Figura 1 - Telha termoacústica de poliuretano.

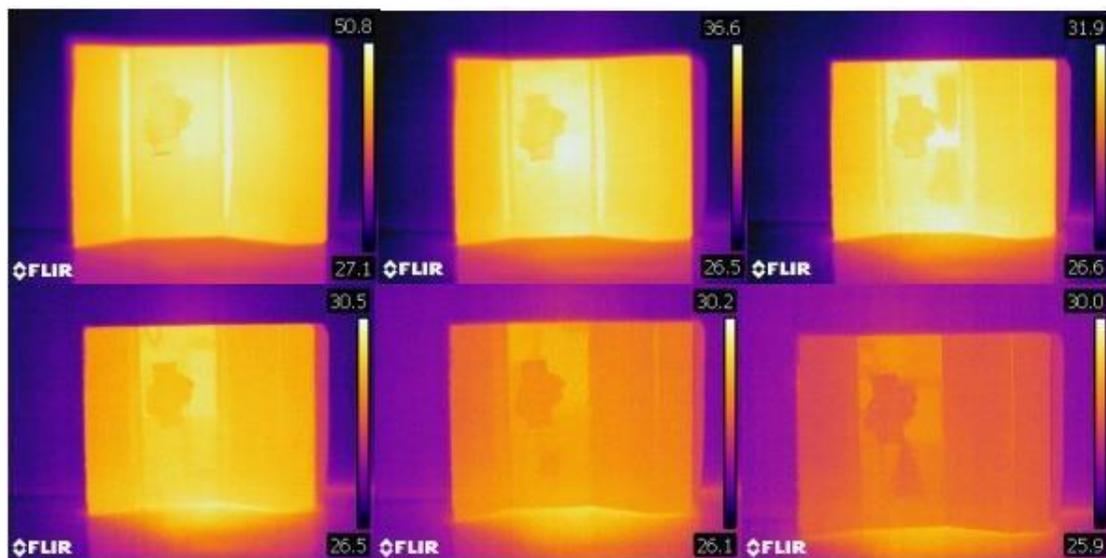


Fonte: thermitelhas (2023)

Portanto, de acordo com Wenzel (2018), no seu estudo 'Desempenho térmico de materiais para coberturas e respectivas influências' as coberturas metálicas apresentam vantagens significativas em termos de desempenho térmico, contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes e reduzindo a necessidade de sistemas de climatização. As pesquisas de variação de temperatura indicam que a telha metálica seria uma alternativa para mitigar ilhas de calor, esse desempenho térmico eficiente resulta em menor consumo de energia, promovendo a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais.

Ainda de acordo com o estudo de Wenzel (2018), a hora da escolha de uma cobertura metálica com telhas de zinco é crucial considerar a condutividade térmica do material, como o zinco pode resultar em uma transmissão térmica mais intensa, em climas extremos, isso pode acabar se tornando um fator negativo e é necessário que adotem medidas adequadas para mitigar os efeitos adversos.

Figura 2 - Aquecimento Telha Metálica



Fonte: Wenzel (2018)

No estudo realizado por Pimenta, Mercês e Saito (2017), é apontado um desempenho térmico favorável nas coberturas de madeira utilizando telha de fibrocimento, resultando em benefícios relacionados ao isolamento térmico e conforto ambiental.

É afirmado neste estudo que a madeira é um material que possui baixa condutividade térmica, o que significa que apresenta uma capacidade natural de retardar a transferência de calor. Essa característica contribui para manter uma temperatura mais estável no interior do ambiente, reduzindo a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento e refrigeração.

Além disso, a madeira possui uma capacidade de armazenamento térmico, o que permite que ela absorva e libere calor de forma gradual, auxiliando na regulação da temperatura interna e evitando variações bruscas.

Ainda no estudo é afirmado que as telhas de fibrocimento, devido à sua notável capacidade de ganho térmico, desempenham um papel essencial na regulação térmica de edificações, tornando os ambientes internos mais confortáveis e eficientes em termos energéticos, especialmente em regiões de climas quentes. Essa característica contribui para a redução da dependência de sistemas de climatização e, por conseguinte, para a sustentabilidade e economia de energia na construção.

Figura 3 - Paredes de madeira revestidas de lã.



Fonte: Sulmodulos (2017)

Dessa forma, de acordo com Pimenta, Mercês e Saito (2017), as coberturas de madeira proporcionam um isolamento térmico eficaz, contribuindo para o conforto térmico dos ocupantes e reduzindo o consumo de energia necessário para manter a temperatura desejada no interior do ambiente.”

E para aprimorar ainda mais o desempenho térmico, também é possível utilizar materiais isolantes adicionais, como lã de vidro, poliestireno expandido ou fibras vegetais, entre as camadas da cobertura de madeira. Esses materiais reduzem a transferência de calor entre o interior e o exterior do ambiente.

1.2 Desempenho Acústico

A relevância do estudo do desempenho acústico das coberturas não deve ser subestimada ao considerar o ambiente interno de uma edificação. A pesquisa minuciosa do comportamento acústico da cobertura desempenha um papel fundamental na promoção do conforto sonoro, na garantia da privacidade entre espaços e na qualidade de vida dos ocupantes. Além disso, a atenção dedicada ao desempenho acústico contribui para criar ambientes mais produtivos e saudáveis, atendendo às necessidades e expectativas dos usuários da construção.

No estudo realizado por Sousa e Modesto (2020) intitulado 'Desempenho Acústico de Coberturas na Construção Civil' e no estudo realizado por Tokusumi e Foiato (2019) intitulado 'Análise de Desempenho Termoacústico de Telhas', é destacado um bom desempenho acústico nas coberturas metálicas, o que resulta em benefícios significativos em termos de isolamento sonoro.

De acordo com este estudo as coberturas metálicas, especialmente aquelas compostas por telhas de zinco termoacústicas, possuem uma natureza rígida e densa dos materiais, o que contribui para a redução da transmissão de ruídos externos para o interior dos ambientes. Além disso, a estrutura metálica das coberturas tende a minimizar a ressonância e a vibração causadas por impactos sonoros, resultando em um ambiente interno mais silencioso. Para aprimorar ainda mais o desempenho acústico, é possível aplicar revestimentos isolantes, como materiais absorventes acústicos, nas superfícies internas da cobertura metálica. Esses materiais absorvem parte do som, reduzindo a reverberação e os níveis de ruído no interior do ambiente.

Portanto, conforme Sousa e Modesto (2020) e Tokusumi e Foiato (2019), é evidenciado que as coberturas metálicas oferecem vantagens significativas em termos de desempenho acústico, proporcionando um ambiente mais tranquilo e confortável para os ocupantes. Esse isolamento sonoro contribui para a qualidade de vida e o bem-estar dos usuários.

Considerando a implementação de uma cobertura metálica com telhas de zinco normais, conforme destacado novamente no estudo de Tokusumi e Foiato (2019), ressalta a relevância de estar atento à possibilidade de aumento do ruído durante eventos de chuva. As telhas de zinco comuns demonstram uma propensão a gerar mais sons em comparação com materiais absorventes, como as telhas acústicas citadas anteriormente. Essa característica específica pode ter implicações significativas no conforto acústico dos espaços internos, tornando, assim, essencial a adoção de medidas preventivas. Estratégias, como a implementação de isolamento acústico adequado em combinação com forros apropriados e a escolha criteriosa desses materiais de cobertura em áreas suscetíveis ao ruído, emergem como fatores cruciais para preservar o conforto dos ocupantes da edificação.

Em outro estudo realizado por Santos (2008) intitulado 'Comportamento Térmico e Acústico de Pré-Fabricados de Madeira', é destacado um bom desempenho acústico nas coberturas de madeira, resultando em benefícios relacionados ao isolamento sonoro e conforto acústico.

De acordo com o estudo, as coberturas de madeira, especialmente aquelas compostas por telhas de fibrocimento, possuem uma estrutura porosa que contribui para a absorção de parte das ondas sonoras, reduzindo sua reflexão e reverberação no ambiente interno. Isso resulta em uma diminuição dos níveis de ruído dentro do espaço.

Além disso o estudo também relata que a densidade e rigidez da madeira ajudam a minimizar a transmissão de ruídos externos para o interior do ambiente, proporcionando um ambiente mais silencioso e tranquilo. Para melhorar ainda mais o desempenho acústico, podem ser utilizados materiais absorventes acústicos adicionais, como painéis de fibra de madeira de alta densidade ou painéis de isolamento acústico, aplicados nas superfícies internas da cobertura de madeira.

Dessa forma, de acordo com Santos (2008), as coberturas de madeira oferecem vantagens significativas em termos de desempenho acústico, contribuindo para um ambiente interno mais calmo e agradável, especialmente em áreas onde o isolamento sonoro é essencial, como salas de estudo, teatros e estúdios de gravação.

1.3 Sustentabilidade

Conforme destacado no Relatório Brundtland (1987) da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável é definido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades.

Segundo o relatório, a sustentabilidade envolve encontrar um equilíbrio entre as necessidades sociais, econômicas e ambientais, garantindo que os recursos naturais sejam utilizados de forma responsável e preservando o meio ambiente para as gerações futuras.

Essa definição no Relatório Brundtland destaca a importância de tomar decisões e implementar práticas que levem em consideração os impactos de longo prazo e promovam a conservação dos recursos naturais, a proteção do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida para as atuais e futuras gerações.

Então, tanto Diamantino (2014), Liubartas (2019), Corrêa (2009) e Souza (2010), que são estudos citados abaixo sobre sustentabilidade na área da engenharia civil, já pregam que avaliar o impacto ambiental das coberturas metálicas e de madeira envolve considerar uma variedade de aspectos, como a extração de matéria-prima, o processo de fabricação, o transporte, a instalação, a durabilidade e o ciclo de vida dos materiais.

Em um geral dos estudos citados, tanto as coberturas metálicas quanto as de madeira têm impactos ambientais específicos a serem considerados. No entanto, é importante observar que a avaliação precisa do impacto ambiental depende de vários fatores, como a origem da madeira (se é proveniente de florestas sustentáveis ou não), o tipo de metal utilizado, os processos de fabricação adotados, entre outros.

Agora com base na pesquisa conduzida por Diamantino (2014), sobre o tema da sustentabilidade na construção metálica, as coberturas metálicas surgem como uma opção notável devido às suas qualidades ambientais. Nesse estudo, foi concretizado que a utilização dessas coberturas oferece uma série de benefícios para o meio ambiente.

Uma vantagem fundamental citada por Diamantino (2014) está na capacidade de reciclar e reutilizar os materiais metálicos, resultando em uma redução significativa no consumo de recursos naturais. Além disso, as coberturas metálicas geralmente requerem menos manutenção durante seu ciclo de vida, o que, por sua vez, resulta em menos resíduos e menor impacto ambiental.

Figura 4 - Reciclagem Dos Materiais Metálicos.



Fonte: Grupo salmeron (2022)

Ainda de acordo com Diamantino (2014), a longevidade das coberturas metálicas também contribui para sua sustentabilidade, já que podem durar décadas sem a necessidade de substituição, economizando recursos valiosos e energia que, de outra forma, seriam gastos na fabricação de novos materiais. Esses aspectos, aliados à eficiência energética proporcionada pelas coberturas metálicas devido à sua capacidade de refletir a radiação solar, fazem delas uma escolha ambientalmente responsável e coerente com os princípios de sustentabilidade em projetos de construção.

Na análise feita por Liubartas et al. (2015) em seu estudo intitulado 'A Sustentabilidade do Aço e das Estruturas Metálicas', ressalta que a fabricação de coberturas metálicas muitas vezes envolve processos altamente eficientes e tecnologicamente avançados, que podem contribuir para a minimização do consumo de recursos naturais e da energia utilizada na produção.

Portanto, a escolha por coberturas metálicas não apenas oferece durabilidade e resistência, mas também se alinha com princípios de responsabilidade ambiental na construção civil.

Segundo as conclusões alcançadas por Corrêa (2009) em sua pesquisa sobre a sustentabilidade na construção civil, esses sistemas se destacam como uma opção ambientalmente responsável na construção civil. Neste estudo, foi ressaltado que as coberturas de madeira possuem características que contribuem significativamente para a redução do impacto ambiental.

Na ideia de Corrêa (2009), a madeira como material renovável, oferece a vantagem de minimizar a dependência de recursos não renováveis. Além disso, o processo de fabricação e construção de coberturas de madeira geralmente envolve menos consumo de energia em comparação com materiais convencionais.

Além disso o estudo de Corrêa (2009) também revela que a capacidade da madeira de se decompor de maneira natural no final de sua vida útil também a torna uma opção ecologicamente amigável, já que não contribui significativamente para a acumulação de resíduos em aterros sanitários. Portanto, a escolha de coberturas de madeira pode ser considerada uma abordagem sustentável na construção, alinhada aos princípios da preservação ambiental.

Já em uma análise realizada por Souza (2010) sobre a sustentabilidade na fabricação de coberturas de madeira, é notável a vantagem ambiental desses sistemas construtivos. Porém a gestão sustentável das florestas de onde a madeira é obtida também é considerada crucial para a manutenção do equilíbrio ecológico. Portanto, a escolha por coberturas de madeira não apenas proporciona benefícios estéticos e de desempenho, mas também está alinhada com os princípios da sustentabilidade e conservação do meio ambiente.

Figura 5 - Madeira De Reflorestamento.



Fonte: Construcompras (2022)

1.4 Durabilidade

Avaliar a durabilidade de uma cobertura é uma questão central na construção civil. Uma análise minuciosa do desempenho da cobertura ao longo do tempo desempenha um papel crucial na garantia da integridade estrutural e funcional do edifício. A pesquisa sobre durabilidade não apenas protege o investimento a longo prazo, mas também contribui para a sustentabilidade, uma vez que a manutenção e substituição frequentes de coberturas têm um impacto significativo no meio ambiente. Portanto, a investigação aprofundada da durabilidade da cobertura é um elemento essencial na busca de edifícios seguros, econômicos e ambientalmente conscientes.

No estudo realizado por Patrício et al. (2011), enfatiza a durabilidade das coberturas metálicas como uma característica essencial para a sua escolha em projetos de construção. As coberturas metálicas são conhecidas por sua resistência à corrosão, que é amplamente atribuída aos materiais de metal de alta qualidade e aos revestimentos protetores aplicados durante a fabricação. Esse nível de resistência à corrosão resulta em uma vida útil excepcionalmente longa, frequentemente superior a 50 anos, com necessidade mínima de manutenção.

Figura 6 - Estrutura Metálica Enferrujada.



Fonte: asope (2018)

De acordo com Patrício (2011) essa durabilidade estendida não apenas reduz os custos de reparo e manutenção ao longo do tempo, mas também minimiza o impacto ambiental associado à substituição frequente de materiais de cobertura. No entanto, é importante observar que o desempenho de coberturas metálicas pode ser influenciado pelo clima regional, uma vez que condições climáticas extremas, como exposição a ambientes salinos ou chuvas ácidas, podem acelerar a corrosão. Portanto, a seleção de materiais e revestimentos adequados às condições climáticas locais é essencial para garantir a durabilidade dessas coberturas.

De acordo com Neves e Medeiros (2021) no estudo intitulado “Manutenção em estruturas metálicas” é ressaltado também que uma manutenção adequada a esse tipo de cobertura e a execução precisa durante a instalação está totalmente ligada ao fator chave da sua durabilidade ser de tanto impacto. A aplicação de revestimentos anticorrosivos, como galvanização já durante o processo de fabricação é um fator crucial onde já se garante um aumento na resistência do material.

O estudo confirma que a manutenção dessa estrutura deve ser feita de maneira correta, com a remoção regular de detritos, podendo ser folhas, galhos, entre outros, assim reduzindo o risco do acúmulo de umidade e prevenindo potenciais danos, se fossem acumulados. Inspeções semestrais também servem para possíveis identificações de corrosão, danos físicos ou desgastes. Uma limpeza correta, juntamente com a aplicação dos revestimentos protetores, também tem um grande valor na sua durabilidade, principalmente em áreas com alta poluição atmosférica.

Ainda destaca a importância de soldas bem-feitas e fixações adequadas, que irão garantir a integridade estrutural dessa cobertura ao longo do tempo. O uso adequado da norma, bem como a escolha dos materiais compatíveis e de profissionais qualificados para a instalação, também é de fundamental importância para a durabilidade da cobertura.

De acordo com Neves e Medeiros (2021) conclui-se que a instalação correta e a manutenção desse tipo de estrutura, de forma proativa, investindo tempo, recursos e práticas regulares de manutenção, não só preserva sua parte estética, mas também concretiza a vantagem da durabilidade a longo prazo desse tipo de estrutura, evitando gastos elevados ou qualquer complicação com reparos, etc.

Já em uma pesquisa feita por Benevente (1995) explora os fatores que contribuem para a durabilidade das coberturas de madeira. A madeira, quando devidamente tratada e protegida contra insetos e fungos, apresenta uma resistência notável à degradação ao longo do tempo. Além disso, as coberturas de madeira têm a vantagem de poderem ser facilmente reparadas, o que estende ainda mais sua vida útil. No entanto, é importante observar que a durabilidade da madeira depende em grande parte das práticas de manutenção e tratamento adequado, bem como do uso de madeira proveniente de fontes sustentáveis, garantindo a conservação das florestas.

No estudo realizado por Duarte e Vito (2014), é ressaltado a flecha em vigas de coberturas de madeira que é um fenômeno que se manifesta ao longo do tempo, influenciado por diversos fatores. O envelhecimento natural da madeira, combinado com as variações nas condições ambientais e níveis de umidade, contribui para o gradual aumento da deformação dessas vigas. Essa deformação, conhecida como flecha, refere-se à curvatura que as vigas de madeira podem desenvolver com o passar dos anos. A umidade desempenha um papel significativo, pois a madeira absorve e libera água, impactando diretamente suas dimensões. Além disso, a carga aplicada sobre as vigas ao longo do tempo é um fator adicional que contribui para esse fenômeno.

Duarte e Vito (2014) afirmam que a mitigação da flecha e a preservação da integridade estrutural requerem práticas de manutenção adequadas, incluindo o controle efetivo da umidade e inspeções regulares. Compreender esse processo ao longo do tempo é crucial para implementar medidas preventivas, proporcionando assim uma escolha mais informada na seleção de coberturas de madeira, considerando seus desafios potenciais.

Em uma análise comparativa dos estudos conduzidos por Patrício (2011) e Benevente (1995) destaca as principais diferenças entre as coberturas metálicas e de madeira em termos de durabilidade, eficiência energética e impacto ambiental. As coberturas metálicas, devido à sua resistência à corrosão e à capacidade de refletir a radiação solar, tendem a oferecer uma vida útil mais longa e um melhor desempenho energético em comparação com as coberturas de madeira. No entanto, as coberturas de madeira, quando tratadas e mantidas adequadamente, podem fornecer um desempenho durável e são elogiadas por sua sustentabilidade, pois provêm de fontes renováveis. Vale ressaltar que a escolha entre coberturas metálicas e de madeira também deve levar em consideração as condições climáticas locais, uma vez que o clima desempenha um papel importante na durabilidade dessas coberturas.

1.5 Custo benefício (SINAPI)

De acordo com González (2008) planejar a execução de um empreendimento é essencial para o sucesso do mesmo. Neste contexto, o orçamento contribui para compreensão das questões econômicas e para a programação das atividades que serão executadas. Em diversos segmentos da construção civil há uma ampla concorrência de mercado, por isso a empresa precisa gerenciar seus custos para se credenciar a realizar obras e manter a possibilidade de lucro. De qualquer forma, o orçamento deve ser executado antes do início da obra, possibilitando o estudo e planejamento prévios, auxiliando também para o controle dos gastos.

Conforme destacado por Oliveira (2017), na construção civil, uma das etapas mais importantes é a elaboração do orçamento da obra, pois ele possibilita a previsão e o controle dos custos envolvidos durante a execução dos serviços. O orçamento consiste no cálculo dos custos para executar uma obra, sendo uma das primeiras informações que o empreendedor precisa conhecer para analisar a viabilidade econômica de um projeto. Visto que uma estimativa de custos que se aproxime da realidade, aliada a um planejamento e gerenciamento da obra, permitem um maior domínio das finanças do empreendimento e é essencial para a sobrevivência e permanência competitiva dessas empresas no mercado.

SIMPAPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

De acordo com Mattos (2013) a escolha da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) como ferramenta central para a comparação de orçamentos entre cobertura metálica e convencional de madeira é estratégica e benéfica por diversas razões:

A SINAPI é reconhecida por sua precisão e atualização constante. Ela oferece dados detalhados e abrangentes sobre os custos de materiais, mão de obra e equipamentos, considerando variações regionais e nacionais. Essa precisão e atualização garantem que os valores utilizados para o orçamento sejam representativos da realidade econômica da construção civil.

Também cobre todo o território nacional, o que a torna uma fonte confiável para projetos em diferentes regiões do Brasil. Isso é particularmente importante em um país de dimensões continentais, onde os preços e a disponibilidade de materiais podem variar significativamente de uma região para outra.

A utilização do SINAPI é necessária para garantir a composição dos cálculos orçamentários, o que facilita a comparação entre estruturas metálicas e tradicionais de madeira. Disponível publicamente, o SINAPI é utilizado por profissionais da construção, arquitetos, engenheiros e empreiteiros, promovendo transparência e igualdade de acesso à tomada de decisões. Ao utilizar o SINAPI como fonte confiável, economizamos tempo e recursos na coleta de dados, o que simplifica o processo orçamentário e nos permite focar mais na interpretação dos resultados. Reconhecido no setor da construção, o SINAPI aumenta a confiabilidade e a confiança nas comparações de custo-benefício.

A combinação de todos esses fatores cria uma base sólida para a tomada de decisões informadas em relação à escolha da cobertura mais adequada a um projeto. Isso é fundamental para garantir que as escolhas sejam feitas com base em informações sólidas e relevantes.

Em resumo, a utilização da SINAPI para a comparação de orçamentos entre cobertura metálica e convencional de madeira é uma abordagem vantajosa devido à sua precisão, abrangência, padronização, acessibilidade, economia de tempo, credibilidade e capacidade de fornecer uma base sólida para a tomada de decisões informadas. Esse método permite que profissionais da construção e empreendedores avaliem de forma eficaz os custos e benefícios associados a essas opções de cobertura, contribuindo para projetos mais bem fundamentados e bem-sucedidos.

1.6 Resistência

No estudo dirigido por Souza (2019), livro intitulado “Ensaio mecânicos de materiais metálicos, fundamentos teóricos e práticos”. Ressalta que a resistência mecânica das estruturas metálicas é um aspecto crítico na engenharia civil e na construção, com uma série de fatores interligados a serem cuidadosamente considerados para garantir a segurança e a durabilidade. Isso envolve uma seleção criteriosa dos materiais metálicos a serem utilizados, levando em conta suas propriedades físicas e mecânicas, como tensão de escoamento, resistência à tração e resiliência. A qualidade dos processos de fabricação e tratamento térmico é crucial para assegurar que os materiais atendam às especificações de resistência e durabilidade.

Neste estudo o dimensionamento preciso das peças de aço, juntamente com o projeto das conexões, desempenha um papel crítico na capacidade da estrutura metálica de suportar cargas estáticas e dinâmicas. A resistência mecânica é especialmente importante ao considerar cargas imprevisíveis, como vento, neve e cargas sísmicas, exigindo análises detalhadas de engenharia para garantir a integridade da estrutura.

Além disso, o trabalho de Cardoso (2017), “Análise da resistência mecânica de estruturas metálicas mais usuais” fornece que a resistência mecânica das estruturas metálicas está diretamente relacionada ao ambiente em que são instaladas. A corrosão é um dos principais desafios, exigindo medidas preventivas, como revestimentos protetores, galvanização ou a escolha de aços resistentes à corrosão. A exposição à umidade e agentes corrosivos pode prejudicar a resistência mecânica ao longo do tempo, tornando a manutenção regular uma parte essencial da vida útil da estrutura.

Outros fatores que são citados no trabalho que afetam a resistência mecânica das estruturas metálicas incluem a exposição à fadiga, que pode ocorrer devido a cargas cíclicas, e a capacidade de resistir a impactos e sobrecargas inesperadas. O dimensionamento das estruturas deve levar esses fatores em consideração.

Portanto de acordo com Souza (2019) e Cardoso (2017), a resistência mecânica das estruturas metálicas requer uma abordagem abrangente que envolve seleção de materiais criteriosa, design preciso, tratamentos de proteção contra corrosão, análises de carga detalhadas, medidas de fadiga e manutenção regular. Isso garante que as estruturas metálicas atendam aos mais elevados padrões de segurança, durabilidade e desempenho, tornando-as uma escolha sólida e confiável para uma ampla gama de aplicações na construção civil."

1.7 Vantagens e Desvantagens

As estruturas de metal e madeira como representado no estudo de Diniz (2018), representam escolhas fundamentais na construção de coberturas, cada uma trazendo consigo características únicas que demandam considerações específicas para as necessidades de um projeto.

De forma geral Diniz (2018) aponta que as estruturas metálicas são notáveis por sua resistência e durabilidade, oferecem vantagens expressivas em coberturas de grande extensão, como aquelas encontradas em instalações industriais e comerciais. A capacidade de suportar grandes vãos gera flexibilidade de design, possibilitando espaços amplos sem a necessidade de muitos suportes intermediários. Adicionalmente, a leveza do metal simplifica o processo de instalação, reduzindo as cargas sobre a estrutura do edifício. Entretanto, é vital considerar a suscetibilidade à corrosão como uma desvantagem. Em regiões com condições climáticas adversas, a exposição prolongada pode comprometer a integridade da estrutura, tornando necessário o uso de revestimentos protetores para garantir sua longevidade, outro fator é que o metal pode expandir e contrair com variações de temperatura. Esse movimento pode levar ao afrouxamento de fixações ao longo do tempo, exigindo ajustes periódicos para manter a estabilidade da cobertura.

Por outro lado também de acordo com Diniz (2018), as estruturas de madeira são frequentemente escolhidas para coberturas em contextos residenciais e projetos que buscam uma estética mais rústica e natural. A madeira, devido à sua natureza renovável e versatilidade, é um material apreciado por sua capacidade de ser moldado em uma variedade de designs arquitetônicos personalizados. A facilidade de trabalho da madeira permite diversos detalhes, contribuindo para uma estética única. Contudo, a vulnerabilidade à biodegradação é uma desvantagem substancial. Insetos, fungos e mudanças climáticas podem causar danos significativos à madeira ao longo do tempo, exigindo tratamentos preservativos e uma rotina de manutenção regular para prolongar sua vida útil e assegurar a durabilidade da cobertura.

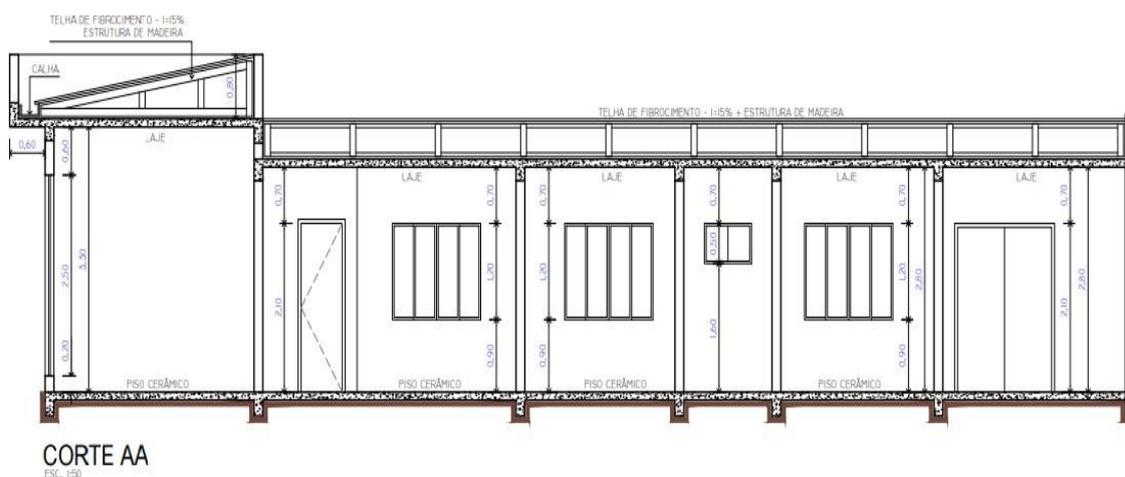
1.8 Seleção da Amostra

Para conduzir uma análise abrangente e significativa das coberturas metálicas em comparação com as convencionais de madeira com telha de fibrocimento, optou-se por selecionar um projeto de residência de pequeno porte já construído e equipado com uma cobertura de madeira e telha de fibrocimento. Essa abordagem prática e realista permitiu uma avaliação precisa dos aspectos técnicos, econômicos e de desempenho dessas duas opções de cobertura.

O projeto original da residência foi escolhido devido à sua representatividade em relação a construções típicas de pequeno porte. Essa seleção proporcionou uma base sólida para a comparação, pois muitas residências compartilham características semelhantes na construção da cobertura.

A Figura 7 e a Figura 8 apresentam os cortes do projeto da residência com o uso da estrutura de cobertura em madeira. Esta etapa é fundamental para proporcionar uma compreensão visual do contexto em que a pesquisa foi conduzida e ter uma abordagem prática e visual para aprimorar a análise e que permite avaliar diretamente os impactos da mudança de cobertura no projeto.

Figura 7 - Projeto De Cobertura já executado.



Fonte: Helito Beggiora (2021)

Figura 8 - Projeto estrutura de madeira.



Fonte: Helito Beggiora (2021)

Essa seleção de um projeto de residência já existente fornece uma base sólida para a análise comparativa, refletindo as condições e desafios da construção no mundo real. A partir deste ponto, a pesquisa se concentra na análise das modificações feitas na cobertura da residência, na comparação dos custos associados, no desempenho térmico e acústico e em outros fatores relevantes. Essa abordagem prática e a possibilidade de observação direta contribuem significativamente para a qualidade e aplicabilidade dos resultados desta pesquisa.

2 MÉTODO

2.1 Definição de Objetivos

O propósito principal da pesquisa é realizar uma análise comparativa entre a aplicação de coberturas metálicas e de madeira em residências de pequeno porte, assim apontando fatores conclusivos para determinar a utilização de coberturas metálicas nesses tipos de obras. Para conclusão do objetivo geral outros objetivos específicos serão detalhados:

2.1.1 Desempenho Térmico e Acústico

Investigativo e comparativo do desempenho térmico e acústico entre coberturas metálicas e convencionais de madeira com embasamento na literatura e estudos já realizados, analisando a capacidade de isolamento térmico de ambas e seu isolamento acústico, levando em consideração fatores-chave como redução de ruídos, condução térmica dos materiais, inércia térmica e a efetividade para manter um ambiente confortável.

2.1.2 Sustentabilidade

Avaliação dos impactos ambientais ligados às coberturas metálicas e convencionais de madeira também tendo como base a literatura que engloba esse objetivo específico, analisando de maneira geral todos os recursos utilizados desde sua fabricação até sua instalação e também suas possibilidades de reciclagem.

2.1.3 Durabilidade

Comparativo da durabilidade das coberturas metálicas em relação às convencionais de madeira. A análise se concentrará na consideração de fatores ambientais que podem causar tipos de degradação ao longo da vida útil da cobertura.

2.1.4 Custo-Benefício

Análise detalhada dos custos por meio de orçamento SINAPI priorizando gastos com materiais, instalação, tempo, manutenção e ciclo de vida útil.

2.1.5 Resistência

Conduzida uma avaliação de resistência das coberturas metálicas em comparação com as coberturas convencionais de madeira. A análise se concentrará em determinar a quantidade de carga que cada tipo de cobertura pode suportar.

2.2 Revisão Bibliográfica

Realizada uma revisão criteriosa da literatura que abrange o conhecimento sobre as características, vantagens e desvantagens da cobertura metálica como também da cobertura convencional de madeira. Essa revisão ampla permitirá o embasamento em um conceito histórico e até mesmo uma análise comparativa em fundamentos técnicos, econômicos, sustentáveis e estéticos.

2.3 Seleção da Amostra

Definido e empregado o projeto base de uma obra de pequeno porte utilizado para a realização deste estudo. Esse projeto servirá para a aplicação do comparativo entre os dois tipos de cobertura e realização de demonstrativo de cargas, quantitativo e orçamento.

2.4 Coleta de Dados e Obtenção de Resultados

A coleta de dados foi realizada por meio de abordagens quantitativas. Dados específicos foram coletados em ambos os projetos executados, buscando informações relevantes descobertas no processo, como despesas de instalação, quantidade de materiais utilizados e seus custos baseados em orçamentos, cargas suportadas, conforto térmico, isolamento acústico e impacto ambiental.

Esse processo bem estruturado de coleta de dados assegurou que as análises comparativas fossem adequadamente impactantes e resultassem na explicação da diferença na utilização entre os dois tipos de cobertura estudados.

Os resultados e informações coletadas foram processados e interpretados para compreensão dos padrões e diferenças da execução de coberturas metálicas e de madeira em residências de pequeno porte. A análise adotou uma abordagem sistemática envolvendo métodos estatísticos.

Todos os dados quantitativos obtidos foram encaminhados a um modelo estatístico apropriado para a identificação de diferenças significativas entre os resultados de diferentes critérios, incluindo custos, cargas, desempenho térmico e acústico, bem como durabilidade.

A comparação dos resultados obtidos para as coberturas metálicas e de madeira foi realizada com base nos objetivos específicos definidos anteriormente. Tabelas, gráficos e outros elementos visuais foram apresentados para ilustrar as diferenças e semelhanças identificadas, fundamentando conclusões sobre todos os tipos de aspectos estudados.

A análise de dados aplicada neste estudo garantiu uma compreensão precisa e embasada das implicações do encontro entre coberturas metálicas e de madeira em residências de pequeno porte.

2.5 Discussão de Resultados

Os resultados de todas as análises comparativas entre as coberturas foram interpretados e discutidos ponto a ponto de forma específica. Destacaram-se, com base nos resultados, as vantagens e desvantagens de cada cobertura de acordo com os critérios dos objetivos específicos que foram executados e avaliados. A discussão ofereceu uma visão mais ampla da viabilidade de cada uma das coberturas em residências de pequeno porte.

2.6 Considerações Finais

As considerações finais representaram o resultado do processo de pesquisa, análise e discussão, proporcionando assim um resumo das descobertas realizadas e destacando também complicações práticas que foram identificadas com a análise comparativa entre as coberturas metálicas e de madeira em residências de pequeno porte.

2.7 Limitações de Pesquisa

Foram identificadas e discutidas quaisquer limitações metodológicas que possam ter influenciado os resultados, assegurando uma avaliação crítica e uma compreensão precisa das restrições do estudo.

2.8 Propostas para Pesquisas Futuras

Foram oferecidas sugestões para pesquisas futuras que possam aprofundar o conhecimento sobre o tema abordado, explorando novos desenvolvimentos na área.

2.9 Referências

Foi adicionada uma lista de todas as fontes acadêmicas, artigos, livros e outras referências que foram utilizadas ao longo da pesquisa, seguindo as normas de citação e referência adotadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultado Térmico

Os resultados das pesquisas de Michels (2019), Wenzel (2019), Pimenta, Mercês e Saito (2017) revelaram que tanto as coberturas metálicas quanto as de madeira oferecem vantagens significativas em termos de desempenho térmico. As coberturas metálicas demonstraram eficiência notável na condução térmica, além de uma habilidade destacada em refletir a radiação solar. Por outro lado, as coberturas de madeira se destacam por sua baixa condutividade térmica e capacidade de armazenamento térmico.

É importante ressaltar que ambas as opções podem ser aprimoradas ainda mais com a inclusão de isolamento térmico adicional, oferecendo maior controle sobre o ambiente interno.

Entretanto, a seleção entre esses dois tipos de coberturas deve ser cuidadosamente ponderada, levando em consideração variáveis como preferências estéticas, restrições orçamentárias, localização geográfica e requisitos específicos de desempenho térmico do projeto em questão. Portanto, a escolha ideal dependerá de uma análise completa e cuidadosa de todas essas variáveis para atender às necessidades individuais do contexto em que a cobertura será instalada.

3.2 Resultado Acústico

Com base nos estudos de Sousa e Modesto (2017), Tokusumi e Foiato (2019) e Santos (2008), é possível concluir que ambas as opções de cobertura demonstram um bom desempenho em termos de isolamento acústico, mas com algumas diferenças notáveis.

No estudo das coberturas metálicas, observou-se um destaque em sua eficiência na redução da transmissão de ruídos externos para o interior dos ambientes. Isso se deve à natureza rígida e densa dos materiais, que minimiza a ressonância e a vibração causada por impactos sonoros, resultando em um ambiente interno mais silencioso. Além disso, a aplicação de revestimentos isolantes nas superfícies internas das coberturas metálicas pode melhorar ainda mais o desempenho acústico, tornando-as uma escolha sólida para espaços onde o isolamento sonoro é fundamental.

Por outro lado, as coberturas de madeira também apresentaram um desempenho acústico notável. Sua estrutura porosa permite a absorção de parte das ondas sonoras, reduzindo a reflexão e a reverberação no interior dos ambientes. A densidade e rigidez naturais da madeira contribuem para minimizar a transmissão de ruídos externos, criando um ambiente interno mais calmo e tranquilo. A utilização de materiais absorventes acústicos adicionais pode aprimorar ainda mais o desempenho acústico das coberturas de madeira.

Portanto, a escolha entre coberturas metálicas e de madeira no que diz respeito ao isolamento acústico deve ser baseada nas necessidades específicas do projeto e nas preferências estéticas, uma vez que ambas as opções oferecem vantagens significativas em termos de conforto acústico e qualidade de vida nos espaços construídos.

3.3 Resultado de Sustentabilidade

O estudo de sustentabilidade das coberturas metálicas e de madeira revela que ambas oferecem vantagens significativas em relação à responsabilidade ambiental. No entanto, um estudo mais detalhado sugere que as coberturas metálicas podem ter um aspecto ambiental ligeiramente menor, posicionando-as como uma opção mais sustentável em comparação com as coberturas de madeira.

De acordo com Diamantino (2014) e Liubartas (2015), as coberturas metálicas se destacam por sua capacidade de reciclagem e reutilização de materiais metálicos, resultando em uma redução substancial no consumo de recursos naturais. Além disso, essas coberturas geralmente requerem menos manutenção durante seu ciclo de vida, o que significa menos resíduos e um impacto ambiental reduzido. A longevidade das coberturas metálicas também contribui para sua sustentabilidade, já que podem durar décadas sem necessidade de substituição, economizando recursos valiosos e energia que, de outra forma, seriam utilizados na fabricação de novos materiais.

Por outro lado, as coberturas de madeira, como ressaltado por Correâ (2009) e Souza (2010), têm suas próprias vantagens sustentáveis, incluindo a utilização de um material renovável e um processo de fabricação que geralmente consome menos energia em comparação com materiais convencionais. A capacidade de decomposição natural da madeira ao final de sua vida útil também a torna uma opção ecologicamente amigável.

No entanto, é importante notar que a gestão sustentável das florestas de onde a madeira é obtida é crucial para manter o equilíbrio ecológico, conforme destacado por Souza (2010). Isso significa que a sustentabilidade das coberturas de madeira está intrinsecamente ligada às práticas responsáveis de manejo florestal.

Em resumo, ambos os tipos de coberturas têm qualidades sustentáveis, mas as coberturas metálicas podem se destacar ligeiramente devido à sua maior capacidade de reciclagem, menor necessidade de manutenção e longevidade. No entanto, a escolha entre elas deve levar em consideração outros fatores, como preferências estéticas, requisitos de projeto e disponibilidade de materiais, a fim de tomar a decisão mais adequada a cada contexto. Portanto, em um cenário de busca pela sustentabilidade, as coberturas metálicas são uma escolha que merece consideração especial devido às suas qualidades ecológicas.

3.4 Resultado de Durabilidade

Após uma análise das informações fornecidas pelas citações e estudos apresentados, é inegável que as coberturas metálicas se destacam quando se trata de durabilidade. As evidências apontam para uma série de fatores que fazem dessas coberturas uma escolha excepcional para projetos de construção que priorizam longevidade e resistência.

Primeiramente, a capacidade dos materiais metálicos de resistir à corrosão e desgaste é notável. Como indicado pela pesquisa de Patrício (2011), a reciclagem e reutilização de materiais metálicos não apenas economizam recursos naturais, mas também prolongam a vida útil das coberturas, resultando em menos resíduos e menor impacto ambiental como já visto em outras pesquisas citadas.

A longevidade própria das coberturas metálicas, que pode durar décadas sem a necessidade de substituição, é uma vantagem crítica. Essa durabilidade considerável, como enfatizado por Patrício (2011), não apenas economiza recursos valiosos, mas também minimiza a energia que, de outra forma, seria gasta na produção de novos materiais.

Além disso, como apontado anteriormente por Souza (2010), a gestão sustentável das florestas de onde a madeira é obtida é crucial para a manutenção do equilíbrio ecológico. Isso coloca as coberturas metálicas em uma posição favorável, pois não dependem do uso de recursos florestais e oferecem uma alternativa que minimiza a pressão sobre as florestas.

Portanto, com base nas evidências apresentadas, é seguro concluir que as coberturas metálicas são a escolha superior quando a durabilidade é uma prioridade. Sua capacidade de resistir às adversidades ambientais, aliada à sua longevidade e eficiência na gestão de recursos naturais, torna-as uma opção ambientalmente responsável e economicamente viável para projetos de construção de alta qualidade e sustentáveis. No entanto, vale ressaltar que a seleção do material de cobertura ideal deve ser sempre feita considerando as necessidades específicas de cada projeto.

3.5 Resultado Custo-Benefício

O presente estudo proporcionou uma análise detalhada do custo-benefício entre duas opções de cobertura amplamente consideradas na construção civil: a cobertura metálica com telha de fibrocimento e a cobertura de madeira com telha de fibrocimento. Utilizando o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), foram obtidos resultados que refletem não apenas a eficiência econômica, mas também a eficiência de tempo das coberturas.

Com a realização das análises, a cobertura metálica com telha de fibrocimento demonstrou ser uma escolha economicamente vantajosa, com um orçamento total de R\$ 30.411,38. Comparativamente, a cobertura de madeira com telha de fibrocimento resultou em um orçamento de R\$ 45.419,12. Esse diferencial de custo é significativo e revela uma economia substancial de 33,04% ao optar pela cobertura metálica.

Figura 9 - Tabela Valor Da Cobertura Metálica.

PLANILHA DE SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL								
NOME DO MUNICÍPIO						SAM	999	
INSERIR O NOME DA PARTE 2						LOTE nº	1	
NAPI de fevereiro/2023 - sem desoneração						Data Base da aprovação do Orçamento (Decreto 10.086/22 do Paraná, que regulamenta a Lei 14.133/21):		06/12/2023 - qua
ORIGEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UD	PU TAB	PU+BDI	ORÇAMENTO			
					QUANT	UNIT	PM (R\$)	(R\$) - PM TOTAIS
	COBERTURA							30.411,38
	ESTRUTURA PARA COBERTURA EM AÇO							
SINAPI	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM AÇO, VÃO DE 3 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_12/2015	UN	808,58	1.000,78	1,00	1.000,78	1.000,78	
SINAPI	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE TESOURA INTEIRA EM AÇO, VÃO DE 5 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_12/2015	UN	1.051,90	1.301,94	15,00	1.301,94	19.529,10	
	TELHA FIBROCIMENTO							
SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	M2	47,59	58,90	93,60	58,90	5.513,04	
	CALHAS							
SINAPI	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 33 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	79,58	98,50	9,75	98,50	960,38	
	RUFOS							
SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	62,87	77,81	43,80	77,81	3.408,08	
	TOTAL GERAL							30.411,38

Fonte: Autores (2023)

Figura 10 - Tabela Valores Cobertura de Madeira.

PLANILHA DE SERVIÇOS - CONSTRUÇÃO CIVIL								
NOME DO MUNICÍPIO						SAM	999	
INSERIR O NOME DA PARTE 2						LOTE nº	1	
NAPI de fevereiro/2023 - sem desoneração						Data Base da aprovação do Orçamento (Decreto 10.086/22 do Paraná, que regulamenta a Lei 14.133/21):		06/12/2023 - qua
ORIGEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UD	PU TAB	PU+BDI	ORÇAMENTO			
					QUANT	UNIT	PM (R\$)	(R\$) - PM TOTAIS
	COBERTURA							45.409,12
	ESTRUTURA PARA COBERTURA EM MADEIRA							
SINAPI	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE MEIA TESOURA DE MADEIRA NÃO APARELHADA, COM VÃO DE 3 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, ALUMÍNIO, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	UN	1.274,92	1.577,97	1,00	1.577,97	1.577,97	
SINAPI	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE MEIA TESOURA DE MADEIRA NÃO APARELHADA, COM VÃO DE 5 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, ALUMÍNIO, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	UN	1.828,64	2.263,31	15,00	2.263,31	33.949,85	
	TELHA FIBROCIMENTO							
SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	M2	47,59	58,90	93,60	58,90	5.513,04	
	CALHAS							
SINAPI	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 33 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	79,58	98,50	9,75	98,50	960,38	
	RUFOS							
SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	M	62,87	77,81	43,80	77,81	3.408,08	
	TOTAL GERAL							45.409,12

Fonte: Autores (2023)

Além disso, é fundamental destacar novamente a durabilidade das coberturas metálicas. Com uma vida útil excepcionalmente longa e necessidade mínima de manutenção, essa escolha resulta em economias substanciais ao longo do tempo, contribuindo para a sustentabilidade ambiental ao minimizar o desperdício de recursos em substituições frequentes.

Uma vantagem adicional da cobertura metálica é a eficiência de tempo na montagem. De acordo com dados estudados, a cobertura metálica com telha de fibrocimento pode ser montada aproximadamente 30% mais rapidamente do que sua contraparte de madeira. Essa eficiência é atribuída à utilização de treliças de metal, que são mais acessíveis e proporcionam um maior vão, resultando em menos treliças necessárias durante a construção. Isso contribui para um benefício significativo no que diz respeito à otimização do cronograma da construção.

Portanto, com base nos resultados apresentados, é recomendado que a cobertura metálica com telha de fibrocimento seja considerada como a escolha preferencial em projetos de construção, destacando-se como a opção óbvia quando se busca a melhor relação custo-benefício, desempenho e durabilidade. A economia de custos, o desempenho superior e a eficiência na montagem fazem da cobertura metálica uma escolha que não apenas atende às demandas econômicas, mas também contribui para uma construção mais eficiente e sustentável.

3.6 Resultado de Resistência

Com base na base nos estudos fornecidos por Souza (2019) e Cardoso (2017), a análise comparativa de estruturas metálicas e estruturas de madeira em termos de resistência destaca as vantagens das estruturas metálicas. A resistência mecânica das estruturas metálicas é cuidadosamente abordada, tendo em conta a seleção criteriosa dos materiais, o projeto preciso, os tratamentos de prevenção da corrosão e a necessidade de enfrentar cargas estáticas e dinâmicas, vento, neve, cargas sísmicas e outros fatores imprevisíveis. Esta abordagem integrada destaca a robustez e durabilidade das estruturas metálicas em comparação com as estruturas de madeira.

Embora a madeira apresente alguns desafios, como a flecha em vigas de cobertura e a necessidade de tratamento adequado para garantir resistência à degradação, as estruturas metálicas, se implementadas corretamente, apresentam maior resistência a diversos fatores ambientais adversos. As estruturas metálicas conseguem gerir melhor a exposição à humidade, aos agentes corrosivos, à fadiga e ao impacto, destacando-as como uma opção mais robusta em termos de resistência.

Portanto, de acordo com os dados teóricos apresentados, a escolha das estruturas metálicas torna-se a mais vantajosa em termos de resistência, proporcionando maior segurança, durabilidade e desempenho em comparação às estruturas de madeira. Esta base teórica sustenta a preferência por estruturas metálicas, especialmente onde são necessárias elevada resistência mecânica e durabilidade a longo prazo.

Já na fase de análise de esforços foi adotada uma abordagem sistemática para calcular as cargas das estruturas metálicas e de madeira em um telhado inclinado. O processo teve início com o cálculo da área do telhado inclinado, considerando a direção das telhas e a área horizontal apoiada na laje.

Para obter os valores necessários, foi utilizada a NBR 6120, específica para o projeto e execução de estruturas de telhados. As informações essenciais foram retiradas diretamente da "Tabela de Telhas" e da "Tabela de Telhados" da norma, garantindo a conformidade com os padrões estabelecidos.

Figura 11 - Tabela de Telhas

Material	Peso na superfície inclinada kN/m ²
Telha cerâmica em geral (exceto tipo germânica e colonial)	0,45
Telha cerâmica tipo germânica ou colonial	0,60
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 4 mm	0,14
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 5 mm	0,16
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 6 mm	0,18
Telha de fibrocimento ondulada com espessura 8 mm	0,24
Telha de fibrocimento modulada com espessura 8 mm	0,26
Telha de fibrocimento tipo canaleta com espessura 8 mm	0,25
Telha de alumínio com espessura 0,6 mm	0,025
Telha de alumínio com espessura 0,8 mm	0,035
Telha plástica em geral (exceto tipo colonial)	0,05
Telha plástica tipo colonial	0,15
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,5 mm	0,06
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 0,8 mm	0,10
Telha de aço ondulada ou trapezoidal com espessura 1,25 mm	0,14
Telha de vidro	0,45

NOTA: Peso por metro quadrado de telhas, na superfície inclinada, incluindo a superposição, elementos de fixação e absorção de água.

Fonte: NBR6120 (2023)

Figura 12 - Tabela Telhados

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação ≤ 40 %.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35
NOTA Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).	

Fonte: NBR6120 (2023)

Figura 13 – Tabela de Cálculos

Comparativo De Cargas			
	Telhado Madeira	Telhado Metálico	
Área Telhado	93,6	93,6	m ²
Peso	0,4	0,3	kN/m ²
Total	37,44	28,08	kN
Telha Fibrocimento			
Área Inclinação	94,72	94,72	m ²
Peso	0,18	0,18	kN/m ²
Total	17,0496	17,0496	kN
Peso Total	54,4896	45,1296	kN
Carga	0,582153846	0,482153846	kN/m ²

Área Telhado	93,6	m ²
Área Inclinação	94,72	m ²

Fonte: Autores (2023)

Os resultados foram obtidos como representado na Tabela acima, peso da estrutura e das telhas calculados separadamente, sendo o peso da estrutura uma multiplicação da área coberta com o valor dado pela Tabela da Figura 12, variando o tipo de estrutura, já para obter o valor da carga das telhas, foi calculado a área inclinada de cobertura e multiplicada pelo valor representado na Tabela da Figura 11 e somando ao final para obter o valor do peso da estrutura como um todo. Já para obter a carga, foi a divisão do peso total pela área do telhado.

Com os dados obtidos, foi efetuado o cálculo da área das telhas e da estrutura da cobertura, englobando tanto a parte metálica quanto a de madeira. Este processo detalhado permitiu uma compreensão aprofundada da distribuição de carga e da geometria envolvida na estrutura do telhado inclinado, levando em consideração as especificidades das tabelas normativas consultadas.

Os resultados individuais das áreas calculadas para a estrutura metálica e de madeira foram somados, proporcionando o peso total das estruturas, conforme indicado pelas diretrizes da NBR 6120. Esse procedimento é essencial para avaliar a carga total que a estrutura do telhado precisa suportar, considerando as características específicas de cada material utilizado, conforme orientações normativas.

Posteriormente, o peso total das estruturas foi dividido pela área correspondente de cada uma, resultando no peso por metro quadrado (KN/m²) para ambas as estruturas analisadas. Esta abordagem é crucial para avaliar a distribuição da carga por unidade de área, proporcionando insights valiosos sobre a capacidade de suporte estrutural, conforme estipulado pela NBR 6120.

Dessa forma, os métodos analíticos adotados não apenas oferecem uma compreensão aprofundada da resistência das estruturas do telhado inclinado, mas também garantem a conformidade com as normas específicas de projeto e execução, contribuindo para a segurança e confiabilidade do projeto.

Para visualizar de maneira mais clara e impactante esses resultados, foram representados nos seguintes Gráficos, Gráfico 1 onde apresenta um comparativo entre o peso total das estruturas, e Gráfico 2 sendo um comparativo de cargas. Este gráfico oferece uma representação visual dos pesos por metroquadrado (KN/m²) de cada estrutura:

Gráfico 1 – Comparativo Peso Total

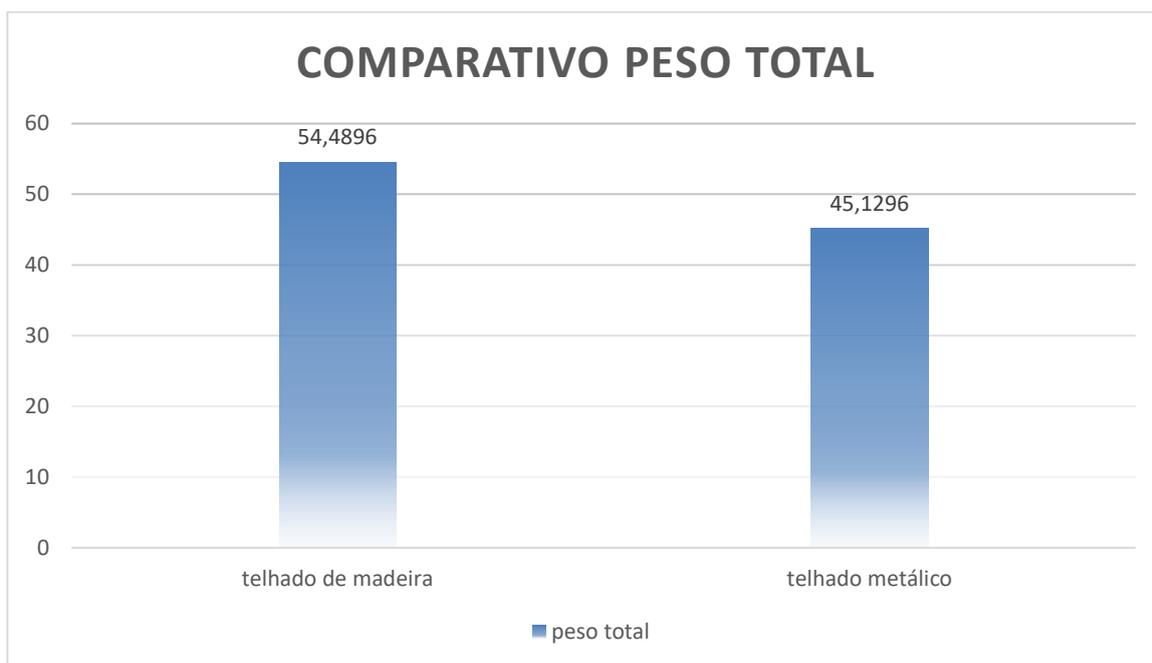
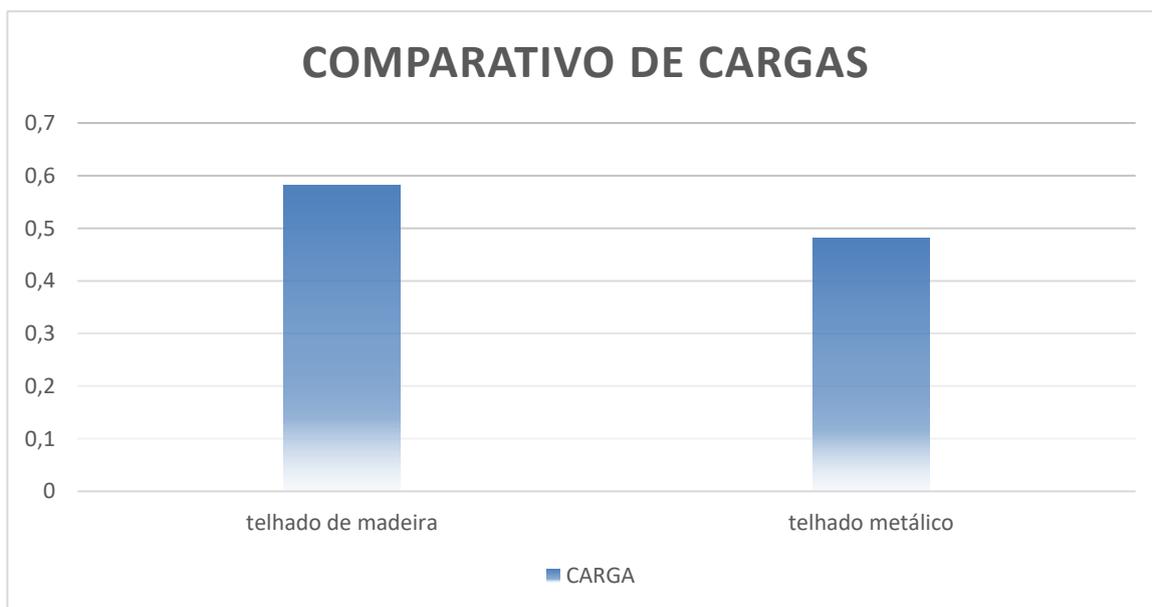


Gráfico 2 – Comparativo De Cargas



Fonte: Autores (2023)

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

A análise visual por meio desses Gráficos revela diferenças significativas na distribuição de carga entre o telhado metálico e o de madeira. Conforme demonstrado, o telhado metálico apresenta uma carga por metro quadrado inferior em comparação com o telhado de madeira, destacando sua leveza relativa. Essa constatação sugere que, ao considerar o peso exercido sobre a estrutura da laje, a opção pelo telhado metálico emerge como a escolha mais vantajosa, oferecendo uma alternativa mais eficiente em termos de carga estrutural.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados fornecem uma visão abrangente das considerações essenciais envolvidas na escolha entre coberturas metálicas e de madeira na construção civil. Considerando o desempenho térmico, acústico, sustentabilidade, durabilidade, custo-benefício e resistência a cargas, pode-se concluir que as coberturas metálicas se destacam em várias categorias, tornando-as uma escolha preferencial para projetos de construção.

No que diz respeito ao desempenho térmico, ambos os tipos de coberturas oferecem vantagens significativas, com as coberturas metálicas demonstrando eficiência na condução térmica e reflexão solar, enquanto as coberturas de madeira exibem baixa condutividade térmica e capacidade de armazenamento térmico. A inclusão de isolamento térmico adicional pode aprimorar ainda mais o desempenho térmico em ambas as opções. A seleção ideal entre elas dependerá de variáveis individuais do projeto, como localização geográfica, requisitos de desempenho térmico e preferências estéticas.

No aspecto acústico, ambas as coberturas oferecem bom desempenho em termos de isolamento sonoro, mas com algumas diferenças notáveis. As coberturas metálicas se destacam na redução da transmissão de ruídos externos para o interior dos ambientes, devido à natureza rígida e densa dos materiais. Por outro lado, as coberturas de madeira apresentam capacidade de absorção sonora, criando ambientes internos mais calmos. A escolha deve ser feita com base nas necessidades específicas de cada projeto.

No que diz respeito à sustentabilidade, ambas as opções têm qualidades ambientais, mas as coberturas metálicas podem se destacar devido à reciclagem de materiais, menor necessidade de manutenção e longevidade. No entanto, a sustentabilidade das coberturas de madeira depende da gestão responsável das florestas de onde a madeira é obtida.

Quando se trata de durabilidade, as coberturas metálicas demonstram resistência notável devido à capacidade dos materiais metálicos de resistir à corrosão e ao desgaste. Além disso, a reciclagem e reutilização de materiais metálicos economizam recursos e prolongam a vida útil. A gestão sustentável das florestas é crucial para a durabilidade das coberturas de madeira.

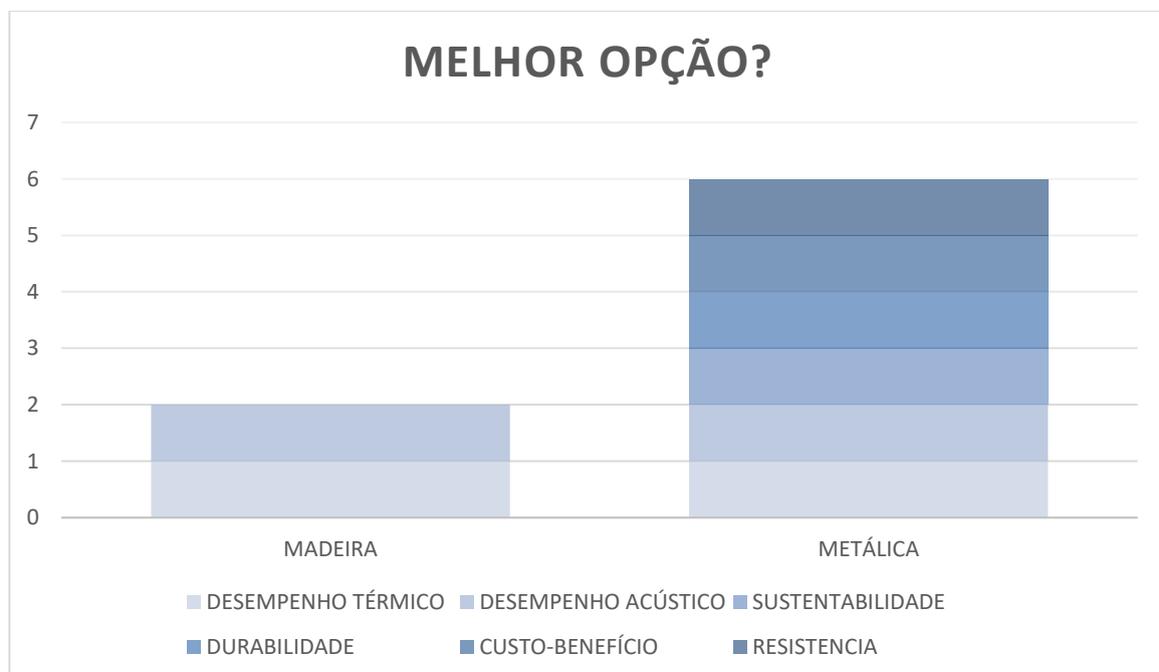
No aspecto do custo-benefício, as coberturas metálicas oferecem uma economia significativa, com menor custo de aquisição, menor necessidade de manutenção, longevidade e eficiência na montagem. A utilização de treliças metálicas economiza recursos e otimiza o cronograma da construção.

Por fim no contexto da resistência, destaca a superioridade das estruturas metálicas em oferecer uma resposta robusta às demandas estruturais. Ao considerar fatores como seleção de materiais, projeto preciso, tratamentos anticorrosivos e a capacidade de suportar diversas cargas, as estruturas metálicas emergem como opções mais resilientes.

A análise visual dos resultados, exemplificada no gráfico apresentado, confirma a menor carga por metro quadrado nas estruturas metálicas, evidenciando sua eficiência em termos de carga estrutural. Essa conclusão, embasada em princípios teóricos e resultados práticos, reforça a preferência geral por estruturas metálicas quando se busca resistência, durabilidade e desempenho consistente ao longo do tempo.

Portanto, com base nas evidências apresentadas, as coberturas metálicas surgem como a escolha superior para uma variedade de projetos de construção, como apresentado no Gráfico 3 a seguir seu desempenho notável e vantagens econômicas, ambientais e estruturais. No entanto, a decisão ideal deve considerar as necessidades específicas de cada projeto, localização geográfica e preferências estéticas. A busca pela sustentabilidade e qualidade na construção torna as coberturas metálicas uma escolha digna de consideração, oferecendo soluções sólidas e eficazes para projetos de construção de alta qualidade e durabilidade.

Gráfico 3 - Resultado Da Análise



Fonte: Autores

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

É importante reconhecer que os resultados deste estudo proporcionam uma visão valiosa, mas cada projeto tem suas particularidades, e a escolha do tipo de cobertura deve ser feita após uma análise cuidadosa das variáveis específicas e das metas do projeto. Portanto, este estudo não apenas enfatiza as vantagens das coberturas metálicas, mas também destaca a importância de considerar todas as variáveis relevantes ao selecionar o material de cobertura mais adequado para um projeto de construção.

Os resultados deste estudo proporcionam um guia útil e informativo para os profissionais da construção, ajudando-os a tomar decisões embasadas em evidências na escolha de coberturas que atendam tanto às necessidades específicas do projeto quanto aos objetivos de sustentabilidade e eficiência na construção.

5 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de dedicar um espaço especial neste trabalho para expressar nossa sincera gratidão a nossa orientadora, Ana Flávia Canales, cuja influência e apoio foram fundamentais para a realização deste estudo.

Desde o momento em que embarcamos nessa jornada acadêmica juntos, Ana Flavia Canales demonstrou um comprometimento inabalável para o nosso sucesso neste estudo. Sua orientação cuidadosa e sua habilidade em conduzir formaram um guia confiável em meio aos desafios acadêmicos.

Ao longo do processo, Ana Flávia Canales não apenas compartilhou seu profundo conhecimento no campo, mas também inspirou uma abordagem assertiva que nos fez crescer como acadêmicos. Ela encorajou a exploração de novas perspectivas, questionando constantemente nossas ideias e nos desafiando a alcançar um nível mais elevado de precisão no estudo.

Mas, mais do que uma orientadora, Ana Flavia Caneles tornou-se uma mentora e um modelo a seguir. Sua dedicação ao nosso crescimento acadêmico e pessoal é digna de admiração, e agradecemos por ter tido a sorte de tê-la como nossa guia. Portanto, é com profunda gratidão que dedicamos este trabalho a você, Professora Ana Flávia Canales. Espero que ele possa, de alguma forma, refletir o conhecimento que adquirimos sob sua orientação e o profundo respeito que sentimos por você. Obrigado por ser uma parte vital desta jornada acadêmica e por moldar nosso futuro com sabedoria e orientação."

6 REFERÊNCIAS

- (1) **SCHLICHTING, Willyan Lima.** A Relevância do Uso de Estruturas de Aço em Obras Habitacionais Populares. Tubarão-SC: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2018.
Disponível em:
<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4423/1/TCC%20-%20Relev%C3%A2ncia%20do%20uso%20de%20estruturas%20met%C3%A1licas%20em%20obras%20habitacionais-converted.pdf>
Acesso em: 23 de agosto de 2023.
- (2) **MICHELS, Caren.** Avaliação experimental do desempenho térmico de coberturas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
Disponível em:
https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/Tese_Caren%20Michels.pdf Acesso em: 23 de agosto de 2023.
- (3) **WENZEL, Thais E. O.; GUTIERREZ, Grace.** Desempenho Térmico de Materiais para Coberturas e Respectivas Influências nas Ilhas de Calor. Universidade Federal de Minas, XVII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2018.
Disponível em:
<https://drive.google.com/file/d/1EOfjTvkXL7aqqK9y5wqPamRSLsa3D-1V/view> Acesso em: 24 de agosto de 2023.
- (4) **PIMENTA, José Augusto Alves et al.** Estudo comparativo do desempenho térmico das coberturas de fibra de celulose e betume, fibrocimento e cerâmica. Colloquium Exactarum, v. 8, n. 3, 2017.
Disponível em:
<https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/1858/1798>
Acesso em: 26 de agosto 2023.
- (5) **SOUSA, Gabryella Basil de; MODESTO, Larissa Martins Patricio.** Desempenho acústico de coberturas na construção civil. UniEVANGÉLICA - Anápolis, 2020.
Disponível em:
<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/18920/1/Gabryella%20Basil%20De%20Souza%20%26%20Larissa%20Martins%20Patricio%20Modesto.pdf>
Acesso em: 29 de agosto 2023.

- (6) **TOKUSUMI, Alisson Takeo Giuliani; FOIATO, Maiara.** Análise de desempenho termoacústico de telhas. *Conhecimento em Construção*, v. 6, 2019.
Disponível em:
<https://periodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/21833/12664>
Acesso em: 29 de agosto 2023.
- (7) **SANTOS, Ana Cristina Figueiredo Mendes dos.** Comportamento Térmico e Acústico de Pré-Fabricados de Madeira. Universidade de Aveiro, 2008.
Disponível em:
<https://www.proquest.com/openview/816b05cd5b57b795f27cbe3af0677ab8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
Acesso em: 2 de setembro 2023.
- (8) **COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO.** Relatório Brundtland (1987).
- (9) **Diamantino, P. N. R.** Sustentabilidade na Construção Metálica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2014.
Disponível em:
<https://www.proquest.com/openview/66796e89670ba6b70833fc2215d1a797/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
Acesso em: 4 de setembro 2023.
- (10) **Liubartas, D. et al.** A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. INOVAE, Faculdades Metropolitanas Unidas, SP/Brasil, 2015.
Disponível em:
<http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/382/809>
Acesso em: 4 de setembro 2023.
- (11) **CORRÊA, Lásaro Roberto.** Sustentabilidade na Construção Civil. Belo Horizonte: UFMG, 2009.
Disponível em:
https://www.academia.edu/download/54235791/Sustentabilidade_na_Construcao_CivilL.pdf
Acesso em: 4 de setembro 2023.
- (12) **SOUZA, Anna Freitas Portela de.** A Sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/93567/278043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
Acesso em: 10 de setembro 2023.

- (13) **PATRÍCIO, Hugo; CORREIA, M. João; PERNETA, Hugo.** Estruturas Metálicas – Guia Técnico de Recomendações: Requisitos de Durabilidade, Processos de Degradação, Métodos de Inspeção e Reparação. Lisboa/Portugal: ASCP, 2011.
Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hugo-Perneta/publication/268521777_Estruturas_Metalicas_-_Guia_tecnico_de_recomendacoes_requisitos_de_durabilidade_processos_de_degradacao_metodos_de_inspecao_e_reparacao/links/59359b77a6fdcc89e702d00f/Estruturas-Metalicas-Guia-tecnico-de-recomendacoes-requisitos-de-durabilidade-processos-de-degradacao-metodos-de-inspecao-e-reparacao.pdf
Acesso em: 10 de setembro 2023.
- (14) **NEVES WCA, MEDEIROS RK.** Manutenção em estruturas metálicas. Anais do 22º Simpósio de TCC do Centro Universitário ICESP. 2021
Disponível em:
http://nippromove.hospedagemdesites.ws/anais_simposio/arquivos_up/documentos/artigos/cdf228c5b10f611a827e29024c760bb3.pdf
Acesso em: 11 de setembro de 2023.
- (15) **BENEVENTE, Varlete Aparecida.** Durabilidade em Construção de Madeira: Uma Questão de Projeto. São Carlos, 14 de fevereiro de 1995.
Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000741312>.
Acesso em: 11 de setembro de 2023.
- (16) **DUARTE DE SÁ, Paulo Atanazio; VITO, Márcio.** Estudo da Influência da Umidade nas Propriedades Mecânicas da Madeira. UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2014.
Disponível em:
<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/3020/1/PauloAtan%C3%A1zioDuarteS%C3%A1.pdf>.
Acesso em: 11 de setembro de 2023.
- (17) **BENEVENTE, Varlete Aparecida.** Durabilidade em construção de madeira: uma questão de projeto. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000741312>
Acesso em: 18 de setembro 2023.
- (18) **GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf.** Noções de Orçamento e Planejamento de Obras. São Leopoldo: UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2008.
Disponível em:
<https://organizaotc.files.wordpress.com/2014/04/noc3a7c3b5es-de-orc3a7amento-e-planejamento-de-obras.pdf>
Acesso em: 19 de setembro 2023.

- (19) **OLIVEIRA, Patrick Wallace Breckenfeld Alexandre de.** Elaboração de Orçamento de Obras na Construção Civil. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
Disponível em:
https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24959/1/2016.2_ELABORACAO%20DE%20ORCAMENTO%20DE%20OBRAS%20NA%20CONSTRUCAO%20CIVIL.pdf
Acesso em: 24 de setembro 2023.
- (20) **DE MATTOS, R. B.** SINAPI – Sistema Nacional De Pesquisa De Custos E Índices Da Construção Civil: uma ferramenta adequada e segura para o desenvolvimento de orçamentos de obras públicas. **Revista Organização Sistêmica**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 101–129, 2013.
Disponível em:
<https://www.revistasuninter.com/revistaorganizacao sistemica/index.php/organizacaoSistemica/article/view/167>
Acesso em: 24 de setembro 2023.
- (21) **SOUZA, Sergio Augusto de.** Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos, Fundamentos Teóricos e Práticos. 5ª edição. 1982.
Disponível na Biblioteca Virtual.
Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- (22) **CARDOSO, Gabriel Duarte; VITO, Marcio.** Análise da Resistência Mecânica de Estruturas Metálicas Mais Usuais. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense.
Disponível em:
<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5556/1/GabrielDuarteCardoso.pdf>
Acesso em: 25 de setembro de 2023.
- (23) **DINIZ, Daniel Pontes Vieira.** Estruturas de Madeira e de Aço para Telhados: Vantagens e Desvantagens do Uso na Engenharia Civil. Angicos/RN: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.
Disponível em:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/9b792c0d-826e-4876-9b57-3fdac2f90904/content>