



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ALICE OLIVEIRA RODRIGUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE DIFERENTES TIPOS
DE COBERTURAS**

**Sinop/MT
2024**

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ALICE OLIVEIRA RODRIGUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE DIFERENTES TIPOS
DE COBERTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª: Paula Janaína Souza Farto

**Sinop/MT
2024**

ALICE OLIVEIRA RODRIGUES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE DIFERENTES TIPOS
DE COBERTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do curso de Engenharia Civil – do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE como requisito para a obtenção do título final de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____.

Paula Janaína Souza Farto
Professor(a) Orientador(a):
Departamento de Engenharia Civil - UNIFASIPE

Geilson Bispo
Professor(a) Avaliador(a):
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE

Ursula Leão
Professor(a) Avaliador(a):
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE

Pedro Matiazzi da Silva
Departamento de Engenharia Civil – UNIFASIPE
Coordenador do Curso de Engenharia Civil

RODRIGUES, Alice Oliveira. **Análise Comparativa de Custo entre Diferentes Tipos de Coberturas**. 2024. 45 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Fasipe – UNIFASIPE

RESUMO

Levando em conta o crescimento da construção civil, e a importância de um planejamento antes do início de uma construção, o trabalho em questão teve como principal objetivo analisar a viabilidade de custo entre tipos de coberturas para uma edificação unifamiliar, mostrando a importância de escolher o tipo de cobertura mais adequado para o projeto, antes de iniciar a execução, mostrando comparativos de peso e custo entre coberturas, do tipo embutido com platibanda, usando telha fibrocimento para estrutura em madeira e metálica, telha termoacústica utilizando estrutura em madeira e metálica, e opções de laje impermeabilizada com manta asfáltica e impermeabilizante líquido, e como resultado, pode-se observar entre cada opção de cobertura, seus benefícios e malefícios de escolha do mesmo, concluindo com o resultado da cobertura tipo laje impermeabilizada, com impermeabilizante líquido, tendo custo menor em 37,27%, em comparação à cobertura do tipo laje com impermeabilizante à manta asfáltica, em que seu custo final ficou de R\$30.651,48.

Palavras-chave: Cobertura embutida; Edificação unifamiliar; Laje impermeabilizada;

RODRIGUES, Alice Oliveira. **Comparative Cost Analysis between Different Types of Roofing**. 2024. 45 pages. Course Completion Work – Fasipe University Center – UNIFASIPE

ABSTRACT

Taking into account the growth of civil construction, and the importance of planning before the beginning of a construction, the main objective of this work was to analyze the feasibility of cost between types of roofs for a single-family building, showing the importance of choosing the most appropriate type of roof for the project, before starting the execution. Showing weight and cost comparisons between built-in roofs with platband, using fiber cement tile for wood and metal structure, thermoacoustic tile using wood and metal structure, and waterproofed slab options with asphalt mandate and liquid waterproofing, and as a result, it can be observed between each roofing option, its benefits and harms of choosing it, concluding with the result of the waterproofed slab type cover with liquid waterproofing, having a lower cost by 37.27% compared to the slab type cover with asphalt blanket waterproofing, where its final cost was R\$ 30,651.48.

Key Words: Built-in coverage; Single-family building; Waterproofed slab.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Designações do subsistema de telhados	14
Figura 2: Estrutura de madeira em cobertura embutida	15
Figura 3: Bitolas comerciais de madeira serrada	16
Figura 4: Estrutura de cobertura em aço	17
Figura 5: Dimensões telha fibrocimento 4 mm.....	19
Figura 6: Distância entre apoios telha fibrocimento	19
Figura 7: Fixação telha fibrocimento 1,10 m	20
Figura 8: Interferência com elementos pontiagudos	22
Figura 9: Esquematização da metodologia.....	29
Figura 10: Planta baixa.....	30
Figura 11: Telhado Embutido	31
Figura 12: Comparativo de custo entre os tipos de coberturas em estudo	38
Figura 13: Comparativo de peso entre os tipos de coberturas em estudo	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Inclinação e recobrimento da telha fibrocimento.....	20
Quadro 2: Esquematização dos itens considerados para o orçamento.....	28
Quadro 3: Ângulo de inclinação e declividade de telhados.....	30
Quadro 4: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha termoacústica com estrutura de madeira.....	32
Quadro 5: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha termoacústica com estrutura metálica.....	33
Quadro 6: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha fibrocimento com estrutura metálica.....	34
Quadro 7: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha fibrocimento com estrutura de madeira.....	34
Quadro 8: Orçamento sintético cobertura embutida - Laje impermeabilizada com manta asfáltica.....	36
Quadro 9: Orçamento sintético cobertura embutida - Laje impermeabilizada com impermeabilizante flexível	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Justificativa	10
1.2 Problematização.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Geral	12
1.3.2 Específicos.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Etapas de Construção em Edificação de Pequeno Porte	13
2.2 Coberturas	13
2.3 Estrutura	15
2.3.1 Estrutura de madeira	15
2.3.2 Estrutura em aço	16
2.4 Telhas.....	18
2.4.1 Telhas termoacústicas	18
2.4.2 Telha fibrocimento	18
2.5 Lajes.....	20
2.5.1 Tipos de lajes.....	21
2.5.2 Lajes de cobertura	22
2.5.3 O processo de impermeabilização de laje de cobertura com sistema flexível de manta asfáltica	22
2.6 Impermeabilização	23
2.6.1 Impermeabilização Flexível – Manta Asfáltica	23
2.6.2 Impermeabilização com manta líquida - membranas acrílicas	24
2.6.3. Projetos de impermeabilização	24
2.7 Orçamento	25
2.7.1 Tabelas da SINAPI desoneradas e não desoneradas	26
2.8 BIM em Orçamento.....	26
2.9 OrçaFascio.....	27
2.9.1 OrçaBIM.....	27
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
3.1 Recursos Tecnológicos.....	31

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

A construção civil representa importante parcela do produto interno bruto (PIB) do País, por meio de sua atividade econômica, sendo uma área que precisa de altos valores de investimento inicial para empresa que irá construir, bem como para o cliente, tendo características na rapidez das transformações tecnológicas e técnicas, exigindo assim, profissionais aptos e capazes de atender, de forma rápida, as demandas do setor (AZEVEDO; ENSSLIN, 2011).

A etapa de elaboração do orçamento da obra, permite a previsão e o controle dos gastos envolvidos durante a construção, resultando no cálculo dos custos para execução de uma obra, sendo uma das informações iniciais principais que o empreendedor precisa conhecer, para analisar a viabilidade econômica de um projeto (MOBUSS, 2019).

Para González (2008), delinear a execução de uma etapa na construção de uma edificação, é primordial, para que o mesmo aconteça de forma eficiente. Desse modo, o orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e para a programação das atividades. Em todos os segmentos da engenharia civil, existe uma grande concorrência de mercado, portanto, as empresas precisam gerenciar seus custos para se credenciar a realizar obras e obter lucros. Por isso, o orçamento deve ser realizado antes do início da obra, possibilitando o estudo e planejamentos antecedentes, auxiliando também, para o controle dos gastos.

Coelho (2015) refere-se à orçamentação como o levantamento em detalhes, de todos os serviços necessários para a execução de uma construção, seja qual for seu porte, tendo o valor da soma dos insumos: mão de obra, materiais, equipamentos, tributos, aluguéis, utilidades e outros, necessários à realização de um serviço. Desse modo, é possível prever, de forma aproximada, quanto custará cada etapa da obra e tendo um valor final.

Com o orçamento pronto, diversas despesas podem ser evitadas, pois por meio do cronograma, pode-se organizar as etapas executivas e seus respectivos materiais, evitando

possíveis desperdícios (MOBUSS, 2019).

Na fase de orçamento dos elementos que compõem a cobertura, é considerado os materiais que irão realizar o fechamento superior, tendo como finalidade proteger o interior da edificação contra as intempéries. Nas construções unifamiliares, há o seguinte questionamento de viabilidade de custo sobre qual seria a melhor escolha de cobertura, sendo a platibanda com o telhado embutido ou a platibanda com a laje impermeável (MOBUSS, 2019).

Diversos fatores devem ser analisados atentamente e comparados durante a escolha, entre esses dois tipos de cobertura, pois isso infere significativamente no valor final do custo de uma obra. Dessa forma, este trabalho teve como finalidade comparar os orçamentos obtidos entre as coberturas com platibanda (com as telhas fibrocimento e termoacústica, com as estruturas de madeira e metálica) e platibanda com laje impermeabilizada pré-fabricada (com poliestireno como impermeabilizante de manta asfáltica e o impermeabilizante flexível), resultando numa análise comparativa de 6 (seis) orçamentos, apresentando assim, aos melhores custos.

Os projetos foram desenvolvidos no *software* Revit, em que o mesmo forneceu o quantitativo dos materiais, de forma a minimizar possíveis erros de contagem, caso fosse usado método manual, para posteriormente, com a utilização de um plugin de integração OrçaBIM, ser elaborado o orçamento com base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI.

Dessa forma, a finalidade deste trabalho foi comparar os orçamentos obtidos entre as coberturas embutidas e a laje impermeabilizada, além de mostrar que a utilização de um *software Building information modeling* - BIM pode auxiliar na fase de orçamento.

1.1 Justificativa

Este estudo teve como finalidade de esclarecer, dúvidas orçamentárias, sobre os tipos de coberturas sendo, uma mesma planta baixa, com platibanda, diferenciando entre cobertura embutida e laje impermeável, tendo na comparação para a cobertura embutida as telhas fibrocimento e termoacústica, com as estruturas de madeira e metálica, e para a laje impermeabilizada, a laje pré-fabricada com poliestireno e, como impermeabilizante, a manta asfáltica e o impermeabilizante flexível, resultando a análise comparativa em 6 (seis) orçamentos.

Para Coêlho (2015), orçamento refere-se ao ato de realizar levantamentos com grande precisão e detalhamento em todas as etapas para a construção da obra, afirmando que o

somatório dos itens adicionados nesse levantamento, é a realização de um. Desse modo, é possível prever, de forma aproximada, quanto custará cada etapa da obra e um valor final.

Sendo assim, foi possível responder tecnicamente, qual das coberturas apresenta maior viabilidade financeiramente, demonstrando detalhadamente junto à planilha orçamentária, os custos de materiais e mão de obra detalhado, respectivos de cada uma (COELHO, 2015).

1.2 Problematização

A escolha sobre qual método de cobertura se utilizar na execução de uma casa, vai muito além de *design*, e cada dia mais, os profissionais arquitetos e engenheiros buscam meios de diversificar na hora do planejamento da construção, visando mais economia em gastos, eficiência, qualidade, agilidade de tempo, mão de obra e, contudo, conseguir manter um belo *designer*.

A cobertura da edificação é uma fase que deve ser planejada e escolhida atentamente, desde os projetos, quando é feito todos os levantamentos, levando em consideração que ela depende de um estrutural que suporte sua carga com qualidade, tendo assim, a prevenção de patologias e problemas futuros no estrutural da casa. Porém, na hora dessa escolha, tende a surgir dúvidas entre qual tem um custo-benefício melhor de execução e mais rápido de ser executado.

A quantificação e o orçamento de uma obra, são etapas que, muitas vezes, são puladas em uma construção, mesmo com a contratação de um profissional para execução dos projetos, geralmente, é um serviço não incluso e o cliente, por sua vez acaba não solicitando seu acréscimo.

Porém, sem essa etapa, torna-se difícil ter uma previsão dos gastos, além de necessitar-se refazer por várias vezes, as compras de materiais, devido à falta de um planejamento, ou até mesmo, ter grandes perdas no decorrer da obra. Esses acontecimentos mostram nitidamente a importância dessa etapa, antes mesmo do início da obra.

A cobertura é uma das fases da edificação, que deve ser planejada e escolhida desde o projeto, porém, muitas pessoas têm dúvidas sobre qual telhado utilizar, para que tenha a maior economia na execução, mas alguns fatores devem ser deixados de lado, quando a única intenção é poupar gastos, pois a cobertura está totalmente ligada à fachada da edificação e, além de acrescentar beleza ao imóvel, também pode agregar valor no final dela.

Sendo assim, qual tipo de cobertura é mais viável economicamente, a cobertura com

platibanda e telhado embutido ou cobertura com platibanda e laje impermeabilizada? Nessa cobertura qual combinação de telha e estrutura resulta nesse valor? E, quais são as diferenças desses valores? não se levado em consideração os fatores visuais posteriores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar a viabilidade de custo (material e mão de obra) entre os sistemas construtivos de cobertura com platibanda (com as telhas fibrocimento e termoacústica, com as estruturas de madeira e metálica) e platibanda com laje impermeabilizada (com manta asfáltica e impermeabilizante flexível), de uma residência unifamiliar na cidade de Sinop-MT com base no custo.

1.3.2 Específicos

- Projetar a estrutura utilizando um *software* BIM;
- Obter o quantitativo do projeto de forma integrada e automática, que serão utilizados nos sistemas construtivos do estudo;
- Estimar o orçamento das seis análises por meio do OrçaBIM e OrçaFascio utilizando a base da SINAPI MT;
- Obter descritos todos os itens dos orçamentos de cobertura com seus respectivos materiais e valores;
- Comparar os custos das de todas as análises.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Etapas de Construção em Edificação de Pequeno Porte

Segundo Santos *et al.* (2021), uma construção de pequeno porte possui quatro etapas consideradas como principais e de muita importância, sendo elas as fundações, estrutura, paredes e cobertura. Esses elementos são responsáveis pela definição e forma para a construção, sendo assim, de grande importância o processo de planejamento e execução de cada etapa em um projeto detalhado.

O estrutural, assim com a fundação desempenha o papel de sustentar a construção, podendo ser estrutura maciça, uso de alvenaria de vedação ou estrutura independente. Para essa separação e fechamento dos ambientes, são usadas as paredes e em algumas delas, as aberturas de portas e janelas que possibilitam a passagem de iluminação e ventilação, aspectos importantes e exigidos para cada ambiente.

Por fim, a cobertura, etapa executada na camada mais alta da edificação, sendo responsável pela sensação de segurança, proteção contra sol e chuva entre outros. Ela pode ter uma estrutura independente ou seguir o alinhamento das paredes externas, sem possuir beirais. Santos *et al.*, (2021) ainda afirma que, para a construção de um edifício não se deve considerar apenas questões estéticas, mas também, a relação custo/benefício dos materiais, tempo e qualidade de execução, normas locais, entre muitas questões.

2.2 Coberturas

Segundo a NBR 15575-5 (2013), a cobertura é considerada um conjunto de elementos, que se encontram no topo da construção, tendo o objetivo de garantir que o interior da edificação fique protegido de águas pluviais, sol e outras intempéries, além de proporcionar um melhor conforto termoacústico. Além de ampliar as funções de um sistema de cobertura, tem como função de evitar quaisquer infiltrações e umidades entre na casa e prejudique a saúde

dos moradores, além de dar conforto acústico e térmico para a parte interna da edificação.

Santos *et al.* (2021), explicam que o telhado é um elemento de cobertura que é composto por um sistema de estrutura e revestimento, existente em diferentes formas por diversos planos de inclinação, conhecidos também, por “água, pano ou vertente”, dependendo apenas da necessidade de cada edificação. O telhado de uma água, chamado de alpendre, é aquele que tem apenas um plano de inclinação.

Rocha (2011) classificou a cobertura como um sistema de fechamento superior para a edificação, o telhado como elemento constituído, composto por um conjunto de telhas e materiais diversos como (a telha cerâmica, a fibrocimento, a de concreto, aço, metálica, cobre, vidro entre outras), a laje de cobertura, sendo feita a impermeabilização com uma declividade de 5 % ou menor, sendo esta, responsável para fechamento da parte superior da casa.

Segundo Borges (2009), ao se tratar de estrutura para a cobertura, tem-se a estrutura principal ou chamada de apoio, que é constituída pelas tesouras, oitões, pontaletes, vigas ou lajes, que tem a responsabilidade de recebimento e distribuição de forma adequada, das cargas do telhado, para o restante da edificação e a estrutura secundária ou trama, que é executada pelas terças, caibros e ripas, sendo responsáveis pela sustentação das telhas.

Contudo, a estrutura do telhado trata-se de um grupo formado pelas estruturas principal e secundária. A terminologia que se adotou para os elementos da cobertura de telhado encontra-se na figura 1.

Figura 1: Designações do subsistema de telhados



Fonte: ABNT (2008)

Ainda na Figura 1, é possível verificar dois tipos de coberturas, a embutida que fica escondida pela platibanda numerada com 1, na figura Essa cobertura pode ser executada com

estrutura de telhado ou com laje impermeabilizada, o restante das coberturas apresentadas na figura é designado como cobertura aparente.

Dentre as principais diferenças entre esses dois tipos de coberturas, pode-se citar que na execução da cobertura embutida, um elemento de suma importância, é a instalação adequada da viga-calha, que segundo a NBR 15575-5 (2013), é o componente com formato de canal aberto, cuja função é a de realizar a captação e a condução da água do sistema de cobertura.

2.3 Estrutura

2.3.1 Estrutura de madeira

A estrutura de madeira é composta por terças, caibros e ripas, e essa armação de madeira denomina-se, também, madeiramento. Em coberturas executadas com telha fibrocimento ondulada, alumínio ou PVC, essa estrutura apresenta uma economia, visto que é dispensável o uso de ripas e caibros, pois as telhas se apoiam diretamente sobre as terças, e ainda é permitido um maior distanciamento entre elas (MOLITERNO, 2010).

A estrutura de madeira, também pode ser usada em coberturas embutidas que possuem a platibanda, sendo acompanhada de calhas e rufos, dentre outros itens, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Estrutura de madeira em cobertura embutida



Fonte: construindo casas (2010)

Conforme ilustrado na figura 2, mostra-se a estrutura de madeira em uma cobertura embutida, com a localização de cada elemento da estrutura.

Segundo Moliterno (2010), as madeiras utilizadas para uma estrutura decobertura, possuem dimensões mínimas a serem utilizadas, para barras ou vigas longitudinais de treliças principais, a área mínima é de 50 cm² e com espessura mínima de 5 cm, já para as peças secundárias, esse limite é reduzido para 2,5 cm, ou até mesmo, 1,8 cm quando usado múltiplas peças. As bitolas mais utilizadas comercialmente são as mostradas na Figura 3 (Moliterno, 2010).

Figura 3: Bitolas comerciais de madeira serrada

<i>Padrão métrico</i>		
Tipo de madeira	Medida transversal (cm)	Comprimento (m)
Ripas	1,5 × 5	básico: 4,40
Caibros	5 × 6	médio de 2,00 a 4,00
Vigas	6 × 12	médio: 5,00
	6 × 16	médio: 5,00
Tabuas	2,6 × 16	básico: 4,00
	2,6 × 23	básico: 4,00
	1,3 × 31	básico: 4,00

Fonte: Moliterno (2010)

2.3.2 Estrutura em aço

Segundo Pfeil e Pfeil (2020), para a execução da estrutura em aço, as peças devem ser devidamente conectadas umas às outras pela solda, parafusos ou por rebites. O rebite necessita que seja aquecido e colocado do furo previamente feito. Tendo os esforços variáveis, dificulta a garantia para um valor mínimo de cálculo, por conta da baixa resistência mecânica e também da necessidade de mão de obra que seja especializada, da instalação lenta e da dificuldade.

O parafuso é composto por cabeça, fuste e rosca, podendo ser comuns ou de alta resistência, sendo o último instalado com controle de torque, garantindo assim, uma resistência mínima. Esse tipo é o mais recomendado para estruturas de coberturas. A instalação é feita por meio de furos. Segundo Pfeil; Pfeil (2020), a realização desses furos é onerosa, sendo assim, é de suma importância o dimensionamento e detalhamento correto, para evitar retrabalho e, conseqüentemente, aumentar o custo da estrutura.

Esses furos devem ser executados por puncionamento ou com brocas, devendo vir previamente da fábrica. Bellei (2020) afirma que, com grande vantagem desse tipo de ligação, a agilidade na execução e uso de mão de obra meramente treinada. Tem como desvantagens a

necessidade da conferência de áreas líquidas e esmagamento de peças na região de conexão, além de utilizar em obra, peças pequenas que podem ser facilmente perdidas, na figura 4 se vê a estrutura da cobertura em aço.

Figura 4: Estrutura de cobertura em aço



Fonte: Augusto Bellei (2000)

De acordo com Dias (1997, p. 99), as conexões por solda se trata da união de componentes de uma peça estrutural em que é conservada a continuidade do material e as suas tais propriedades químicas e mecânicas.

As soldas devem ser feitas em ambiente industrial, para garantir o controle de qualidade necessário para esse material e, as ligações necessárias à execução diretamente na obra se indica apropriada a ligação com parafusos (DIAS, 1997).

Tendo como vantagem esse tipo de ligação a redução de custo, tratando-se da ligação onde não necessita de parafusos e furações, como no aço, pela permissão de aproveitamento de todo material, reduzindo as seções transversais, também, a maior rigidez na ligação (DIAS, 1997).

Como desvantagens tem-se a corrosão, em aços mais sujeitos a esse processo, a NBR 8800 orienta que se faça uma proteção, que pode ser galvanização, pintura ou os dois (NBR 8800, 2008).

A galvanização refere-se à imersão no zinco fundido nessas peças em aço, em que acontece a combinação metalúrgica entre os dois componentes, formando assim, uma camada de proteção catódica (DIAS, 1997).

Quanto maior a camada de zinco, maior a camada de proteção no aço. Já a pintura, promove uma proteção sendo uma barreira, que dificulta, a chegada dos agentes no aço, tem sua eficiência conectada à limpeza do substrato e aplicação correta das demãos da tinta, (DIAS 1997).

2.4 Telhas

2.4.1 Telhas termoacústicas

A utilização de telhas termoacústicas a cada dia ganha mais espaço no mercado de construção, pois além de seu *design* diferenciado, essas telhas oferecem maior conforto térmico e versatilidade, podendo ser usada em residências, galpões, shoppings e construções em geral.

A telha termoacústica é conhecida, também como telha sanduíche, por ser composta de três camadas, sendo elas chapa metálica, isolante térmico e chapa metálica, ou possuir um revestimento interno de filme alumínio. O isolante térmico pode ser, principalmente, o poliisocianurato - PIR, a lã de rocha - LDR e o poliestireno expandido (REIS, 2017).

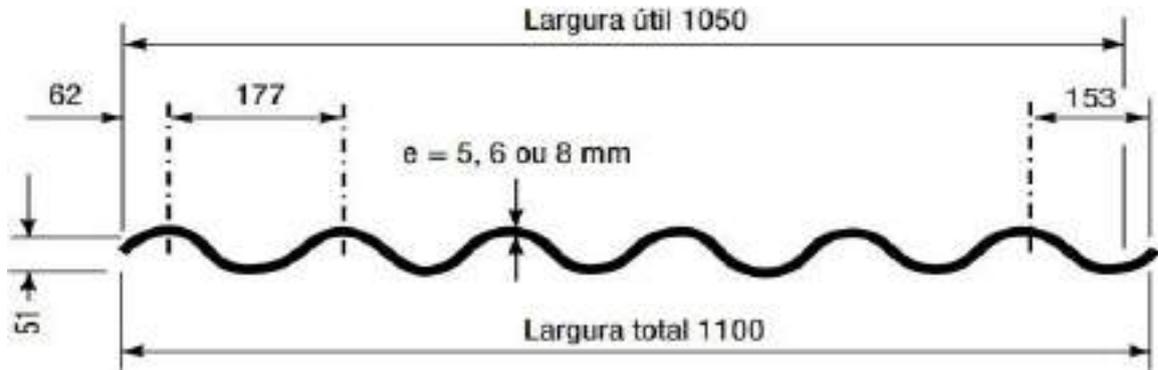
Esses materiais isolantes são capazes de atenuar as trocas térmicas, ou seja, o ar quente de fora não entre e impede o ar frio de sair, diminuindo na temperatura até 7° C, e pode ser percebida quanto à utilização de climatizadores, que passam a trabalhar menos e, conseqüentemente, há a redução do consumo de energia elétrica.

O custo-benefício ainda é contribuído com a grande redução de estrutura na cobertura, em torno de 70%, o que influencia também positivamente na estrutura geral do edifício, por ter uma cobertura mais leve. Esse tipo de telha se destaca, ainda, pelo seu tamanho maior e a facilidade de montagem, reduzindo o tempo dessa etapa da obra.

2.4.2 Telha fibrocimento

A telha de fibrocimento é feita por fibras sintéticas e cimento, esse tipo de telha tem fácil manuseio e pode ser encontrada em diversas ondulações, sendo as mais utilizadas de 4, 5 e 6 mm. Além disso, possui diferentes formatos, sendo os mais comuns: Ondulada, tropical, vogatex, etermax e modulada, a Figura 5 mostra as dimensões de uma telha ondulada (BRASILIT, 2022).

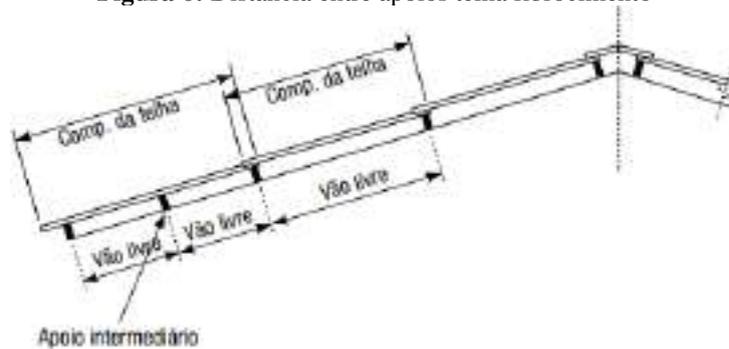
Figura 5: Dimensões telha fibrocimento 4 mm



Fonte: Brasilit (2022)

A distância entre apoios, também chamada de vão livre, tem seu valor máximo de 1,69 metros e, o número de apoios para a Telha ondulada, em função dos vãos livres máximos, variam conforme a tabela apresentada na figura 6.

Figura 6: Distância entre apoios telha fibrocimento



Número de apoios por telha							
Espessura da telha	Número de apoios por telha						
	1,22	1,53	1,83	2,13	2,44	3,05	3,66
5 mm	2	2	2	3	3	–	–
6 mm	2	2	2	3	3	3*	3*
8 mm	2	2	2	2	3	3*	3*

*Estas telhas necessitam de fixação também nos apoios intermediários.

Fonte: Brasilit (2022)

De acordo a Brasilit (2022), recomenda-se em sua instalação, uma inclinação a partir de 5° o que corresponde a 8,7%, para telhas com 6 e 8 mm, ou 10° para espessura de 5 mm. O quadro 1 mostra as variações de inclinações e recobrimento.

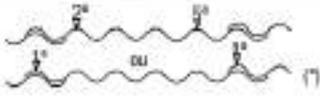
Quadro 1: Inclinação e recobrimento da telha fibrocimento

Inclinação e Recolhimento			
Inclinação da cobertura	Recolhimento lateral mínimo	Recolhimento longitudinal mínimo (mm)	Comprimento máximo da rampa (m)
$5^\circ < i < 10^\circ$ somente para espessura de 6 a 8 mm	1 ¼ onda ou ¼ onda com cordão de vedação	250 ou 140 com cordão de vedação	14
$10^\circ < i < 15^\circ$	¼ de onda	200 ou 140 com cordão de vedação	Consultar o serviço de orientação técnica brasilit
$15^\circ < i < 75^\circ$		140	

Fonte: Manual de instalação Brasilit (2022)

Essas telhas devem ser fixadas com dois pregos nas 2ª e 6ª ondas, mostradas Figura 7.

Figura 7: Fixação telha fibrocimento 1,10 m

LARGURA = 1,10 m		
Condições	Cumeeiras e telhas de beirais	Demais telhas
Cobertura em condições normais		
Cobertura em zonas expostas a vento de grande intensidade		
Cobertura com recobrimento lateral de 1 ¼ onda (somente 6 mm)		

Fonte: Brasilit (2022)

2.5 Lajes

Segundo SOUZA (2022), as lajes se derivam da palavra latina vulgar "lagena", que é o nome de um elemento na estrutura da obra. Esse elemento construtivo, geralmente feito de concreto, serve como cobertura e serve de suporte para a base. As lajes comumente são suportadas pelas chamadas vigas, que são estruturas retas que suportam cargas laterais, com esse sistema, que inclui pilares, que transfere as forças verticalmente recebidas das lajes para os pilares e, ainda, consegue transferir cargas estruturais concentradas, dessa forma, a carga pode ser devidamente distribuída na edificação por meio da laje.

Uma laje é uma estrutura formada por chapas cuja largura e comprimento são maiores que sua espessura, sobre as quais cargas laterais são suportadas e submetidas à flexão. Espessura e resistência à fissura são dois elementos essenciais dos painéis. Quanto mais fina a chapa, maior sua resistência à fissuração, mas o problema é maior deflexão e, ainda mais

vibração, o que cria confusão na arquitetura (SOUSA, 2022).

Outro fator importante a ser mencionado sobre as lajes, é que se não estiverem apoiadas em vigas, podem ser afetadas pela punção que ocorre se estiverem apoiadas em pilares. Os andares variam de acordo com sua finalidade, seja para moradia, ou em escolas ou em estacionamentos, entre outras finalidades, porém, essa escolha para o tipo de lajes, também depende de sobrecargas adicionais como paredes, do suporte dessas sobrecargas e do tamanho dos vazios (SOUSA, 2022).

2.5.1 Tipos de lajes

A laje pré-moldada é composta por chapas de cimento quadriculadas, com estrutura metálica sobre a laje, dispostas em paralelo e projetadas para permitir a instalação de chapas de tijolo ou isopor. Essas placas ajudam, não só a melhorar a qualidade do projeto, mas também, proporcionam maior economia e otimização do projeto. Tem-se como tipos de lajes: laje maciça, alveolar, cogumelo, treliçada e nervurada (PEREIRA, 2018).

A laje maciça é o exemplo mais usado em residências menores, pois consegue-se a espessura de concreto menor, sendo que sua utilização em áreas maiores, pode gerar um excesso de peso.

Na laje cogumelo é utilizada apenas pilares e capitéis, pela adição dos capitéis, se traz uma melhor ventilação e maior iluminação no ambiente.

A laje nervurada é executada com malha de vigas que trazem as nervuras, sendo colocadas em uma ou em duas direções, essa laje é utilizada em maiores vãos, onde não se tem pilares e nem vigas intermediando. Sua fabricação é feita por meio de formas especiais ou com chapas de madeirite (PEREIRA, 2018).

Laje treliçada é uma laje pré-moldada, feita em concreto utilizando reforço, com vigotes em concreto trazendo armaduras em aço com formato de treliças, podendo adicionar tabelas de cerâmica ou EPS, sendo que o EPS torna a laje de isopor, sendo mais leve e tendo menos resíduos na obra, com um custo mais baixo (PEREIRA, 2018).

A laje de isopor é feita pré-moldada em concreto e, sendo feito sem preenchimento com placas em poliestireno expandido o EPS, o Isopor, é uma cobertura que tem menos custos, e transfere menos peso para a edificação, sendo uma laje mais leve, é também, uma cobertura mais ágil para se fazer. Após a montagem da estrutura das lajes com isopor, é adicionado o concreto, de modo uniforme. O isopor utilizado nessa laje é o EPS de alta densidade, mesmo utilizado em paredes com a função de isolante térmico (PEREIRA, 2018).

2.5.2 Lajes de cobertura

A cobertura em concreto, com o formato na laje, tipo cogumelo, com cascas cilíndricas ou em lajes retas, tem sido utilizado desde o início do concreto armado (PICCHI, 1986).

Segundo Cruz (2003), as lajes autoprotetidas diferenciam-se, fundamentalmente, das coberturas, pois podem utilizar o sistema, seja para a construção de novos compartimentos ou de áreas de lazer, como áreas que podem ser aproveitadas em caso de incêndio, para realizar ataques de incêndio ou exercícios de resgate, podendo também, ser facilmente acessado e transportado para manutenção da própria prancha ou dos equipamentos nela contidos. Inicialmente, por falta de pesquisas criteriosas e de experiência, surgiram dúvidas sobre as lajes por falha na impermeabilização e isolamento adequado. No entanto, os avanços tecnológicos fornecem soluções muito confiáveis.

2.5.3 O processo de impermeabilização de laje de cobertura com sistema flexível de manta asfáltica

Segundo Thomaz (1999), a impermeabilização só poderá ser realizada após a confirmação de que todos os distúrbios estão corretos, como ausência de elementos cortantes (Fig. 8), instalação de tubulações, calhas, caixas, janelas de acesso, suportes para montagem na laje de telhado de postes ou equipamentos. Deve-se preparar a base, preparar a decoração e sua orientação para o ponto de drenagem, preparar as áreas de fixação vertical da manta às colunas e paredes bem como os cantos arredondados e outros requisitos que serão discutidos a seguir.

Figura 8: Interferência com elementos pontiagudos



Fonte: Viapol (2012)

Segundo IBI (1998), as juntas de dilatação são protegidas contra a infiltração por dois grupos vedantes, os pré-fabricados chapas galvanizadas e perfis de PVC, e moldados no

local denominados demastiques classificados em plásticos, plasto elástico, elasto-plásticos e elásticos.

Para o fator de forma ser atendido, recomenda-se colocar na junta um limitador de profundidade com características que acompanham a movimentação da junta, tais como poliestireno expandido (isopor), mangueira flexível de PVC ou polietileno e espuma de polietileno (IBI, 1998).

2.6 Impermeabilização

A impermeabilização trata-se da proteção para as construções, atuando contra a infiltração da água. As coberturas, como parte da edificação, têm sua principal função, preservar e proteger o interior dos ambientes da edificação.

Picchi (1986) refere-se à impermeabilização como um serviço que precisa de especialização para ser executado, sendo uma etapa de suma importância em que, uma pequena falha, pode comprometer todo o serviço.

A NBR 9575 descreve o processo de impermeabilização como sendo um conjunto de camadas e serviços, direcionado ao preparo das superfícies, com proteção primária e mecânica, trazendo a impermeabilidade às partes da edificação. A impermeabilização é a técnica construtiva que utiliza de produtos específicos para a execução de camadas, como películas em superfície ou estrutura de concreto que tenha contato com a água (ABNT, 2008).

2.6.1 Impermeabilização Flexível – Manta Asfáltica

A manta asfáltica forma uma membrana protetora após a secagem, garantindo a estanqueidade das estruturas, também se adaptando às movimentações sujeitas do local de aplicação. É executada por filamentos de poliéster ou em véu em fibra de vidro, trazendo à manta, uma grande resistência mecânica, com uso de indicação, para estruturas que estão sujeitas à movimentação e fissuras (PEREIRA, 2021).

Essa impermeabilização tem indicação para uso em lajes mistas, pré-moldadas, ou maciças, também utilizadas em reservatório superior de água, em terraços, varandas, banheiro e áreas de serviço, jardins e pisos de cozinha (PEREIRA, 2021).

2.6.2 Impermeabilização com manta líquida - membranas acrílicas

São produzidas à base de resinas acrílicas dispersas, sendo indicadas para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, marquises, telhados e outros.

Esse tipo de impermeabilizante resiste a intempéries e a mudanças bruscas de temperaturas. Sua aplicação deve ser feita com duas demãos de argamassa polimérica, em sentidos cruzados. Após a primeira demão será colocada uma tela industrial de poliéster e, a superfície de aplicação deverá estar úmida para melhor aderência.

A membrana acrílica não depende de nenhuma proteção mecânica, a menos que, o uso da laje de cobertura tiver tráfego acentuado de pessoas, assim, com a ausência de tal proteção ocorrerá a necessidade de, periodicamente, reaplicar o produto.

2.6.3 Projetos de impermeabilização

De acordo com a NBR 9575 (2010), Impermeabilização – Seleção e Projeto, o projeto de impermeabilização tem como base orientar a produção da impermeabilização por meio de um conjunto de informações gráficas e descritivas, com definições de características de todos os sistemas de impermeabilização empregados na edificação. São três etapas que constituem esse projeto.

Por meio de informações legais, técnicas e de custos, as informações analíticas têm como objetivo, a determinação e quantificação das áreas a serem impermeabilizadas, devem estar dentro das exigências sobre desempenho, em relação à estanqueidade e à durabilidade necessárias sobre a edificação (NBR 9575, 2010).

Segundo a norma NBR 9952 (2007), manta asfáltica para impermeabilização, as mantas asfálticas devem apresentar um conjunto monolítico, com a compatibilidade entre seus constituintes, suportar os esforços atuantes, ter uma superfície uniforme, ser impermeáveis e resistentes à umidade, resistir ao envelhecimento, ao ataque de microrganismos, aos álcalis e ácidos e, apresentar armadura distribuída uniformemente.

Os asfaltos possuem características específicas, como os polímeros, que são responsáveis pela flexibilidade, alongamento, correções dos pontos de escorrimento e pela penetração dos asfaltos. Os tipos de asfaltos com maior utilização são os elastoméricos como o SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), bem como os plastoméricos que tem na adição o APP (Polipropileno Atático) (ANTUNES, 2004).

Os materiais estruturantes são responsáveis pela resistência à tração, sendo mais

utilizados o filme de polietileno, o véu de fibra de vidro e o não-tecido de poliéster.

Segundo Pereira (2021), no sistema de mantas asfálticas existem alguns fatores que diferenciam uma manta da outra. Os recomendados são os asfaltos com adição de polímeros, pois aumentam sua resistência, flexibilidade e vida útil.

As mantas asfálticas são classificadas pela NBR 9952 (2007) - Manta asfáltica para impermeabilização, em quatro categorias conforme as características de tração, alongamento, flexibilidade e espessura.

2.7 Orçamento

A NBR 12721 (2019) refere-se ao orçamento no qual se registram as operações de cálculo de custo de uma construção, somando-se todas as despesas correspondentes à execução de todos os serviços previstos nas especificações técnicas e constantes da discriminação orçamentária.

Segundo Carvalho; Marchiori (2019), o orçamento possibilita uma melhor visão sobre cada parte da obra que tenha seu custo definido com antecedência. Esses gastos são calculados por meio de projetos, visitas no local, memoriais, tempo e local em que será feita a construção. A junção e análise de todos esses dados resultam em quanto custará a obra e quais serviços pode reduzir o custo.

Carvalho; Marchiori (2019) afirmam que um orçamento minimiza transtornos, tendo planejamento e controle da obra, pois é a partir dele que se é definido qual, quando e a quantidade de material que será adquirido, assim como quantas pessoas serão necessárias para terminar a obra no tempo previsto, além do valor da equipe e produtividade, informações mínimas para que uma obra tenha organização e economia, que são refletidas no custo final da obra.

Segundo Mattos (2006), o custo é composto por identificação dos serviços, elemento inicial a serem feitos antes da quantificação, levantamento de quantitativos de todos serviços, discriminação dos custos diretos e indiretos, cotação de preços, realizadas no mercado local, tanto para custo direto quanto indireto e, a definição de encargos sociais e trabalhistas, fase em que se define os percentuais desses itens a serem justaposto à mão de obra, além dos benefícios de direito.

2.7.1 Tabelas da SINAPI desoneradas e não desoneradas

No presente trabalho foi utilizado a composição das tabelas da SINAPI, de maio de 2024 desonerada. Segundo SINAPI (2024), as composições das tabelas desoneradas são passíveis de recolhimento de cerca de 1% - 2% da receita bruta da empresa, para as contribuições previdenciárias, com valores unitários menores, visto que a contribuição será calculada sobre a receita da empresa, sendo mais utilizadas para pequenas empresas nas quais a receita é menor.

Já as tabelas não desoneradas, o valor unitário é maior, pois já está embutido cerca de 20% do salário dos empregados e são passíveis o recolhimento de 20% sobre os mesmos, para as contribuições previdenciárias. Este é mais utilizado para empresas com lucros maiores.

2.8 BIM em Orçamento

BIM é uma plataforma que permite criar projetos de modelagem 3D inteligentes que, além de uma melhor visualização, proporciona uma análise da construção, antes mesmo de iniciar a execução, sendo possível simular todas as etapas da edificação dificultando a incompatibilidade entre os projetos complementares (TELES, ROCHA, 2013).

Segundo Netto (2020), um dos *softwares* que vem trazendo renome para o conceito BIM, é o Revit, pois além de ser uma plataforma que permite definir parâmetros, possui uma visualização 3D, o que facilita maior visibilidade e percepção de futuros erros. A alteração, também é um fator muito facilitado, pois não há necessidade de um retrabalho nas outras vistas, sendo alterado automaticamente.

Com a utilização do Revit, o edifício é projetado em 3D e toda a edificação, é realizada utilizando elementos construtivos como paredes, esquadrias, lajes, vigas, forros, telhados, etc. Esses elementos possuem características determinadas em suas propriedades, como forma geométrica, materiais e outros elementos construtivos (NETTO, 2020).

A dimensão 5D do BIM traz a facilidade na estimativa dos custos de uma edificação, dessa forma, o modelo é considerado uma construção virtual, que possibilita cadastrar informações que geram tabelas com dados, como materiais, quantitativos, orçamentos e muitas outras informações que forem inseridas no servidor. Assim, muitos erros são evitados, pois desde o início de um projeto ele utiliza valores reais levantados pela SINAPI, gerando levantamento de insumos, tornando a modelagem paramétrica e interoperável (MIRANDA; SALVI, 2019).

2.9 OrçaFascio

A OrçaFascio é uma plataforma desenvolvida para a elaboração de orçamentos e controle de obras, a qual conta com diversos benefícios em sua utilização. Por seguir as regras do Tribunal de Contas da União - TCU, e utilizar padrão de cálculo da base SINAPI, torna-se uma plataforma com dados precisos e atualizados.

2.9.1 OrçaBIM

O OrçaBIM é um plugin disponível para *download* na plataforma OrçaFascio que proporciona a integração do sistema de orçamento com o Revit. Não há necessidade de utilizar as tabelas do Revit, pois todos os dados do projeto, como os parâmetros que já possuem as informações em valores, podem ser buscados diretamente do modelo projetado, assim que gerado um novo orçamento dentro do Revit. Souza (2019) descreve que o OrçaBIM, pode utilizar categorias, materiais ou fórmulas como critério de quantificação, possibilitando maior versatilidade para a pesquisa.

O orçamento pode ser estruturado tanto utilizando a OrçaFascio na *web*, como também dentro do próprio *software* do projeto, e como a metodologia BIM utiliza parametrizações, a integração quanto às alterações em projeto, é realizada de maneira automática, tornando o orçamento perfeitamente exato e evitando retrabalhos de quantificação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, a metodologia foi esquematizada por meio do fluxograma, conforme apresentado na Figura 9.

A pesquisa foi aplicada, com o intuito de adotar os resultados obtidos nos diferentes tipos de coberturas, totalizando os seis orçamentos, possibilitando, juntamente, com caráter explicativo, a obtenção de dados para analisar todos os itens do orçamento, facilitando a verificação e o motivo do resultado apresentado.

No quadro 2, observa-se a descrição e itens considerados para o levantamento dos orçamentos em estudo.

Quadro 2: Esquematização dos itens considerados para o orçamento

COBERTURA EMBUTIDA	
<u>1º</u>	Estrutura metálica com telha termoacústica Perfis metálicos para estrutura, parafusos e solda para fixação, calha, rufo, telha termoacústica e mão e obra para montagem e instalação
<u>2º</u>	Estrutura metálica com telha fibrocimento Perfis metálicos para estrutura, parafusos e solda para fixação, calha, rufo, telha fibrocimento e mão e obra para montagem e instalação
<u>3º</u>	Estrutura em madeira com telha termoacústica Madeira para estrutura, parafusos e pregos para fixação, calha, rufo, telha termoacústica e mão e obra para montagem e instalação
<u>4º</u>	Estrutura em madeira com telha fibrocimento Madeira para estrutura, parafusos e pregos para fixação, calha, rufo, telha fibrocimento e mão e obra para montagem e instalação
LAJE IMPERMEABILIZADA	
<u>5º</u>	Laje Impermeabilizada Laje treliçada pré-moldada com preenchimento em isopor, concreto usinado, escoramento, impermeabilizante asfáltico e mão de obra para montagem e instalação

6º	Laje Impermeabilizada	Laje treliçada pré-moldada com preenchimento em isopor, concreto usinado, escoramento, impermeabilizante líquido flexível e mão de obra para montagem e instalação
-----------	-----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Própria (2024)

Figura 9: Esquematização da metodologia



Fonte: Própria (2024)

Conforme apresentado na figura 10, o estudo utilizou-se de um projeto de planta baixa com área de 54,27 m², tanto para a cobertura embutida com telhados, quanto para a cobertura embutida com laje impermeabilizada, fez-se quatro combinações para o primeiro tipo de cobertura, da qual se diferenciam a partir de duas telhas com dois tipos de estrutura, e duas para a laje impermeabilizada, assim como mostrado na tabela 2.

A Figura 10 se refere ao projeto objeto do estudo, sendo uma residência unifamiliar considerada pela Câmara Brasileira da Construção - CBIC como R1- B “Residência unifamiliar padrão popular”, por conter um pavimento, com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.

Figura 10: Planta baixa

Fonte: Própria (2024)

Ao final, obteve-se seis combinações de cobertura, que foram utilizados para a elaboração dos projetos, como no detalhamento de composição de cada combinação mostrada na tabela 2, que foram desenvolvidos no *software* Revit, uma plataforma BIM.

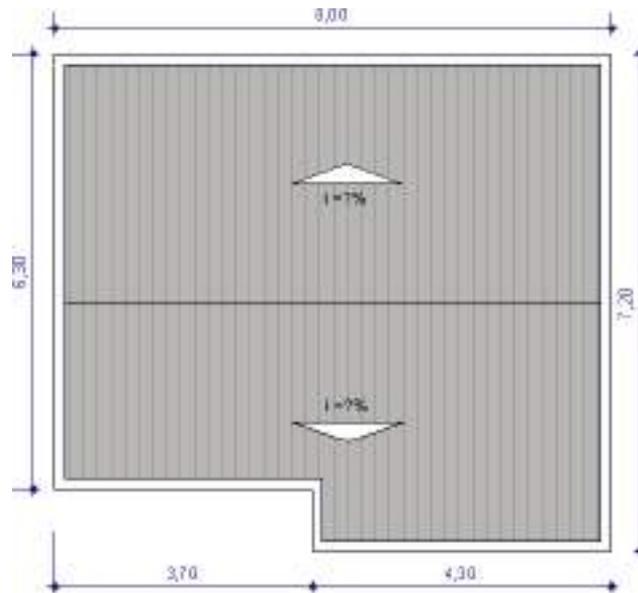
Os telhados do estudo possuem telhas com diferentes inclinações, assim como prescritos nos manuais, mostrados no quadro 3. Todas sendo comparadas com duas estruturas, sendo elas a estrutura metálica e de madeira e a laje impermeabilizada, com manta asfáltica e impermeabilizante flexível.

Quadro 3: Ângulo de inclinação e declividade de telhados

Cobertura	Telha	Inclinação (%)
Cobertura Embutida	Termoacústica	10
	Fibrocimento Ondulada	10
	Laje impermeabilizada	5

Fonte: Própria (2024)

É possível a visualização das coberturas exibidas na Figura 11.

Figura 11: Telhado Embutido

Fonte: Acervo próprio (2024)

Com a planta baixa e o telhado definido, foi adicionada as estruturas no mesmo *software* para todos os casos, gerando uma quantificação exata. Os perfis adotados para a composição da estrutura da cobertura foram determinados na composição pronta da SINAPI.

Logo após todo detalhamento, deu-se início ao orçamento, acessando a OrçaFascio na *web*, liberando-se o perfil para a utilização do plugin OrçaBIM dentro do Revit. Essa operação possibilitou que o orçamento conseguisse ser modificado tanto pela *web*, quanto dentro do *software* de projeto, além da sincronização automática de quantitativos.

Concluindo todo processo de orçamentação, todas as informações adicionadas foram alimentadas na planilha. Logo, foram obtidos os relatórios com a descrição de todos os materiais, assim como os valores de cada elemento, com seus respectivos valores finais para ambos os estudos, tornando realizável a comparação das estimativas de custos e, a conclusão sobre qual possui melhor viabilidade custo-benefício e o motivo desse resultado.

3.1 Recursos Tecnológicos

Os principais recursos necessários para o desenvolvimento do projeto são os *softwares* Revit e OrçaFascio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento dos quantitativos foram extraídos diretamente do modelo projetado pelo plugin OrçaBIM, dentro do Revit. Todos os códigos mencionados podem ser consultados em sua descrição completa, no site da SINAPI. Todas as tabelas abaixo apresentam orçamentos de coberturas embutidas, que apresentam elementos de alvenaria, acabamento e calha.

Seguem abaixo os quadros 4 e 5, com os dados analisados em estudo, e a seguir resultados e análise dos comparativos entre a telha termoacústica e a estrutura de madeira e metálica.

Quadro 4: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha termoacústica com estrutura de madeira

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
92558	Fabricação e instalação de tesoura em madeira, vão de 6 m	UN	1	1.299,02	1.299,02
92559	Fabricação e instalação de tesoura em madeira, vão de 7 m	UN	2	1.606,65	3.213,30
92543	Trama de madeira composta por terças	m ²	48,11	20,64	992,99
94216	Telhamento com telha metálica termoacústica	m ²	48,11	234,19	11.266,88
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	29,16	69,14	2.016,12
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	m ²	29,75	139,72	4.156,67
101979	Chapim (rufo capa) em aço galvanizado, corte 33.	M	30,40	57,33	1.742,83
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	m ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	m ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	m ²	59,51	12,78	760,54

94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	m	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	29.162,84

Fonte: Própria (2024)

Quadro 5: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha termoacústica com estrutura metálica

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
92608	Fabricação e instalação de tesoura em aço, vão de 6 m	UN	1	1.322,93	1.253,16
92610	Fabricação e instalação de tesoura em aço, vão de 7 m	UN	2	1.480,5	2.961,00
92580	Trama de aço composta por terças	m ²	48,11	57,78	2.779,79
94216	Telhamento com telha metálica termoacústica	m ²	48,11	234,19	11.266,88
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	29,16	69,14	2.016,12
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	m ²	29,75	139,72	4.156,67
101979	Chapim (rufo capa) em aço galvanizado, corte 33.	M	30,4	57,33	1.742,83
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	m ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	m ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	m ²	59,51	12,78	760,54
94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	m	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	30.651,48

Fonte: Própria (2024)

O orçamento mostrado no quadro 4, utiliza os materiais de telha termoacústica e estrutura em madeira, resultando em um valor total de R\$ 29.162,84, e de acordo com a NBR 6120/19, um peso aproximado de 2.713,50 kg para os 54,27 m² da cobertura.

No quadro 5 é alterada a estrutura utilizada, para metálica e mantendo-se a telha termoacústica, com orçamento no valor de R\$ 30.651,48, e de acordo com a NBR 6120/19, um peso aproximado de 2.442,15 kg para os 54,27 m² da cobertura.

Como resultado nessa comparação com a mesma telha, tem-se a diferença de custo de R\$ 1.488,64, aproximadamente 4,86%, e no peso, uma diferença de 0,90%.

Seguem abaixo, os quadros 6 e 7, com os dados analisados em estudo, seguindo os resultados e análise dos comparativos entre a telha termoacústica e a estrutura de madeira e

metálica.

Nesse comparativo, vê-se a maior diferença entre custo sobre as tramas em aço, sendo um material com preço mais elevado que a madeira, contudo, se vê que o exemplo mostrado no quadro 5, no qual o preço ficou acima ao do quadro 4, seu peso ficou 271,35 kg abaixo do primeiro modelo, considerando que, menos peso na estrutura ajuda na vida útil, torna a obra mais barata, e ela precisará de uma estrutura menos robusta para suportar o peso.

Quadro 6: Orçamento sintético cobertura embutida - Telha fibrocimento com estrutura metálica

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
92608	Fabricação e instalação de tesoura em aço, vão de 6 m	UN	1	1.322,93	1.253,16
92610	Fabricação e instalação de tesoura em aço, vão de 7 m	UN	2	1.480,5	2.961,00
92580	Trama de aço composta por terças	m ²	48,11	57,78	2.779,79
94210	Telhamento com telha ondulada de fibrocimento	m ²	48,11	48,76	2.345,84
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	m ²	29,75	139,72	4.156,67
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	21,46	69,14	1.483,74
94223	Cumeeira para telha de fibrocimento ondulada	M	7,7	80,54	620,16
101979	Chapim (rufo capa) em aço galvanizado, corte 33.	M	30,4	57,33	1.742,83
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	m ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	m ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	m ²	59,51	12,78	760,54
94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	m	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	RS21.818,22

Fonte: Própria (2024)

Quadro 7: Orçamento sintético cobertura embutida – Telha fibrocimento com estrutura de madeira

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
92558	Fabricação e instalação de tesoura em madeira, vão de 6 m	UN	1	1.299,02	1.299,02
92559	Fabricação e instalação de tesoura em madeira, vão de 7 m	UN	2	1.606,65	3.213,30

92543	Trama de madeira composta por terças	m ²	48,11	20,64	992,99
94210	Telhamento com telha ondulada de fibrocimento	m ²	48,11	48,76	2.345,84
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	m ²	29,75	139,72	4.156,67
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	21,46	69,14	1.483,74
94223	Cumeeira para telha de fibrocimento ondulada	M	7,7	620,15	620,15
101979	Chapim (rufo capa) em aço galvanizado, corte 33.	M	30,4	57,33	1.742,83
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	m ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	m ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	m ²	59,51	12,78	760,54
94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	m	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	R\$20.329,57

Fonte: Própria (2024)

O orçamento mostrado no quadro 6, utiliza os materiais de telha fibrocimento e estrutura metálica, resultando em um valor total de R\$ 21.818,22, e de acordo com a NBR 6120/19, um peso aproximado de 2.713,50 kg para os 54,27 m² da cobertura.

No quadro 7 é alterada a estrutura utilizada para madeira, mantendo-se a telha fibrocimento, com orçamento no valor de R\$ 20.329,57, e de acordo com a NBR 6120/19, um peso aproximado de 2.984,85 kg para os 54,27 m² da cobertura.

Como resultado nessa comparação com a mesma telha tem-se a diferença de custo de R\$ 1.488,64, aproximadamente 4,86%, e no peso, uma diferença de 0,91%.

Seguem abaixo, os quadros 8 e 9 com os dados analisados em estudo, e a seguir resultados e análise dos comparativos entre as lajes impermeabilizadas.

Nesse comparativo vê-se a maior diferença entre custo sobre as tramas em aço, sendo um material com preço mais elevado que a madeira, contudo, se vê que o exemplo mostrado no quadro 7, no qual o preço ficou acima do quadro 6, seu peso ficou 271,35 kg mais leve que o exemplo mostrado no quadro 7, considerando que menos peso na estrutura ajuda na vida útil, torna a obra mais barata, e ela precisará de uma estrutura menos robusta para suportar o peso.

Quadro 8: Orçamento sintético cobertura embutida - Laje impermeabilizada com manta asfáltica

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
103674	Concretagem de vigas e lajes, fck=25 mpa, para lajes premoldadas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento 12 cm	M ³	6,51	751,09	4.891,40
98546	Impermeabilização de superfície com manta asfáltica, uma camada, inclusive aplicação de primer asfáltico, e=3mm. af_06/2018	M ²	54,27	123,44	6.699,09
101792	Escoramento de fôrmas de laje em madeira não aparelhada, pé-direito simples, incluso travamento, 4 utilizações. af_09/2020	M ²	54,27	16,32	885,69
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	M ²	29,75	139,72	4.156,67
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	29,16	69,14	1.483,74
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	M ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	M ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	M ²	59,51	12,78	760,54
94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	M	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	R\$22.591,62

Fonte: Própria (2024)

Quadro 9: Orçamento sintético cobertura embutida - Laje impermeabilizada com impermeabilizante flexível

Código	Descrição	Und	Quant.	Valor unit (R\$)	Total (R\$)
103674	Concretagem de vigas e lajes, fck=25 mpa, para lajes premoldadas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento 12 cm	M ³	6,51	751,09	4.891,40
140	Impermeabilizante flexível branco de base acrílica para coberturas	KG	108,54	20,85	2.263,06
102492	Pintura de piso com tinta acrílica, aplicação manual, 3 demãos, incluso fundo preparador. af_05/2021	M ²	54,27	19,74	1.071,29
101792	Escoramento de fôrmas de laje em madeira não aparelhada, pé-	M ²	54,27	16,32	885,69

	direito simples, incluso travamento, 4 utilizações. af_09/2020				
103334	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos 14x9x19	M ²	29,75	139,72	4.156,67
100327	Rufo externo/interno em chapa de aço galvanizado	M	29,16	69,14	1.483,74
87894	Chapisco aplicado em alvenaria	M ²	59,51	6,14	365,39
87792	Emboço ou massa única em argamassa	M ²	59,51	36,22	2.155,45
95305	Textura acrílica	M ²	59,51	12,78	760,54
94227	Calha em chapa de aço, corte 33 cm	M	15,40	77,51	1.193,65
				Total Geral	R\$19.226,88

Fonte: Própria (2024)

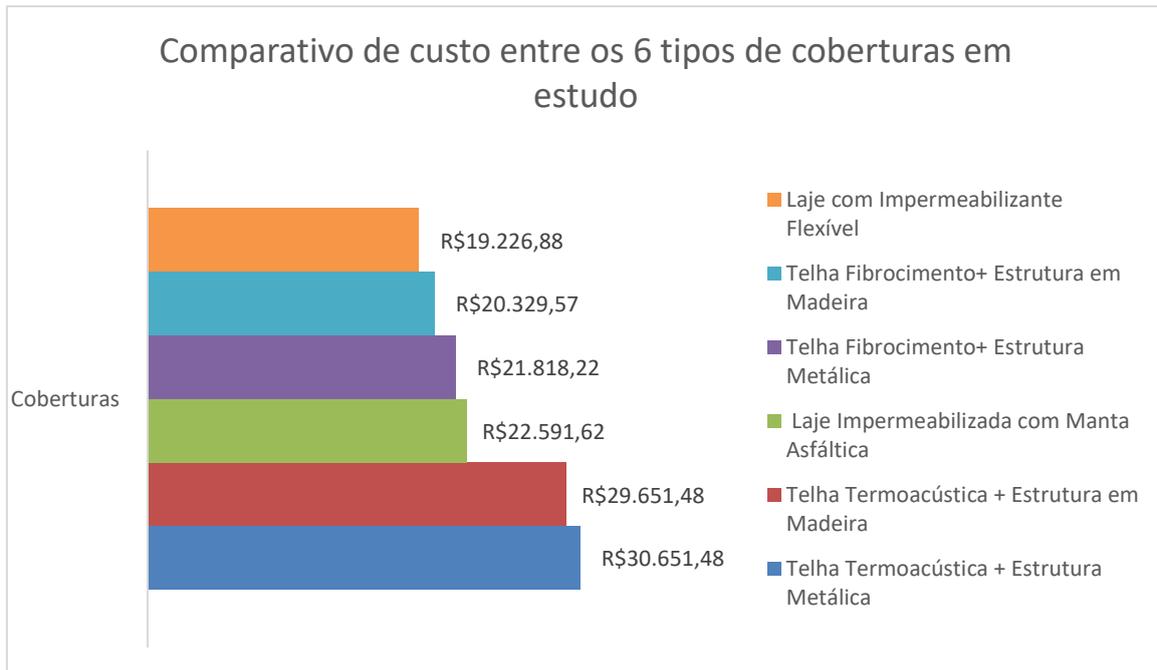
O orçamento mostrado no quadro 8, utiliza a laje impermeabilizada com manta asfáltica, resultando em um valor total de R\$ 22.591,62, e de acordo com a NBR 6120/19, um peso aproximado de 10.854,00 kg para os 54,27 m² da cobertura.

No quadro 9 é alterado para o impermeabilizante flexível mantendo-se a laje com concreto armado, com orçamento no valor de R\$ R\$19.226,88, e de acordo com a NBR 6120/19 um peso aproximado de 10.854,00 kg para os 54,27 m² da cobertura.

Com base nos seis orçamentos obtidos em estudo, seguem abaixo, as figuras 12 e 13 com os gráficos comparativos de custos e pesos de cada orçamento apresentado.

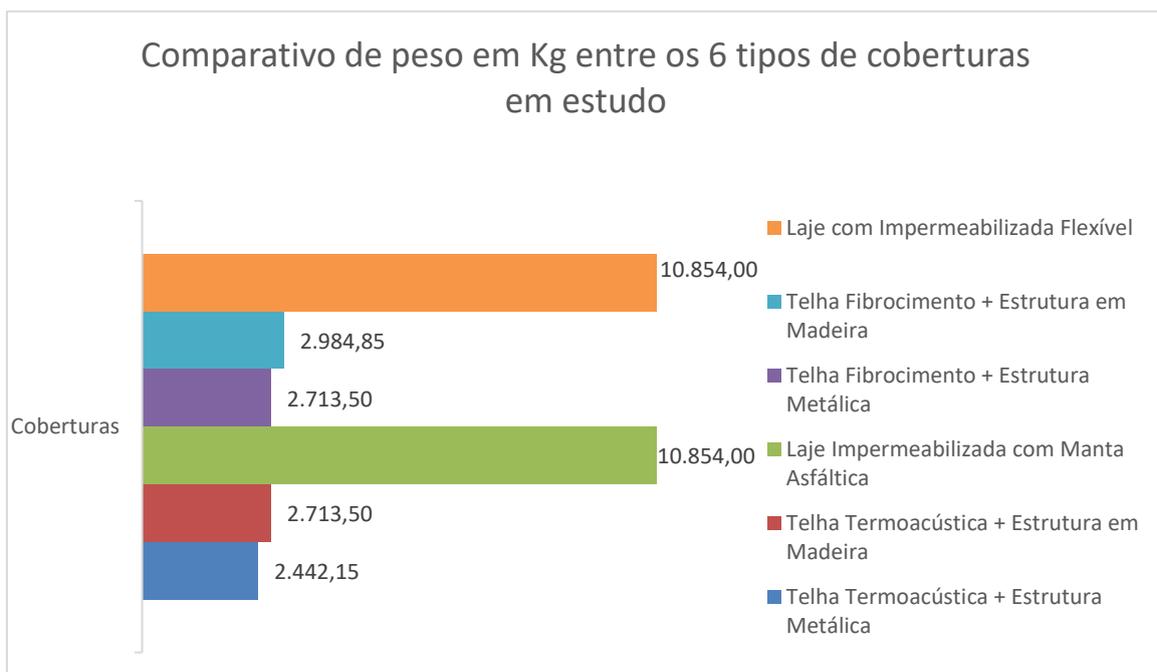
Nesse comparativo, vê-se a maior diferença entre custo sobre os dois modelos de laje com impermeabilização. No quadro 8 tem-se o maior custo no impermeabilizante com manta asfáltica, sendo que o impermeabilizando líquido mostrado na figura 9 é mais barato, ambos têm o mesmo peso da estrutura, sendo o mais pesado no geral, dos seis exemplos de coberturas apresentadas neste trabalho.

Na figura 12 é apresentado o gráfico com resultados finais sobre comparativos de custos das estruturas, sendo possível analisar que, em requisitos de valores, teve-se melhor resultado apresentado na cobertura com laje impermeabilizada com impermeabilizante líquido, com um valor total da cobertura de R\$ 19.226,88, obtendo-se uma diferença de até, R\$ 11.424,60 para a cobertura com telha termoacústica e estrutura metálica, sendo 37,27% mais barato que o maior custo de cobertura para a mesma planta.

Figura 12: Comparativo de custo entre os tipos de coberturas em estudo

Fonte: Acervo próprio (2024)

Na figura 13, mostrada abaixo, é possível analisar os resultados obtidos em comparação ao peso total da estrutura, percebendo-se que, quanto maior o peso da estrutura, maior será a necessidade de suporte, encarecendo outras etapas da obra.

Figura 13: Comparativo de peso entre os tipos de coberturas em estudo

Fonte: Acervo próprio (2024)

Como resultado apresentado, vê-se que as coberturas mais pesadas são as que utilizam laje, e a mais leve, a telha termoacústica e estrutura metálica, com 8.411,85 kg a menos que as lajes.

Cogo (2020) apresenta em seu estudo, a utilização de estrutura metálica para a execução de coberturas, visto que a aplicação do aço cada vez mais na construção civil, gerou excelência na qualidade, no aspecto construtivo, tornando-se assim, uma opção competitiva na construção de estruturas para telhados. Por outro lado, o uso da madeira em estruturas de telhados, é tradição na construção civil, porém, a escassez dessa matéria-prima torna seu custo elevado, com isso a indústria da madeira busca a utilização de novas espécies, como as madeiras de reflorestamento.

Com intuito de buscar a viabilidade econômica do uso do aço em estruturas de telhados, ou com o tradicional uso da madeira, obteve-se como resultado do estudo, um custo de 42% mais econômico nas estruturas metálicas, em comparação com as de madeira. Com isso, se concluiu que o uso de estruturas metálicas para coberturas residenciais é de ótima viabilidade.

Contudo, Lima (2022), complementa em seu estudo para casas unifamiliares de padrão popular, a importância da escolha do tipo de estrutura e da telha utilizada na cobertura, a qual deve ser feita, antes de iniciar a execução. Estas escolhas interferem no custo final da cobertura, com grandes variações. O estudo de viabilidade, teve como comparação, as estruturas em madeira e em aço, sendo utilizada como telha, a opção da termoacústica em ambos os comparativos, tendo como resultado que, a opção de estrutura em madeira se torna 4,15 % mais econômica, em comparação com a utilização da estrutura em aço para uma edificação unifamiliar.

Para complementar, Castro (2015) apresenta o método de impermeabilizações para cobertura com laje, pontuando que o projeto de impermeabilização, muitas vezes, não é uma opção escolhida pelos clientes de casas de padrão popular, por se tratar de um projeto que aumenta o custo da obra, sendo necessário reparos em curto tempo e gastos extras para reparos e reformas posteriores à conclusão, podendo chegar em média de 1% a 3% do seu custo total, em contrapartida, o custo da refazer a impermeabilização fica em torno de 4% a 7% a mais, pois envolve gastos com a execução de reparos, além de consequências patológicas, depreciação patrimonial e outros transtornos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da escolha do tipo de cobertura a ser utilizado, deve ir além da estética, bem como do custo agregado final para obra, pois quanto mais leve a estrutura, menor será a necessidade de reforços, para suportar seu peso, trazendo assim, economia em todo o processo estrutural para a casa. Quando se refere à casa unifamiliar de baixo padrão, prefere-se materiais e métodos que baixe o custo da obra, deixando assim, a estética em segundo plano.

Diante dos comparativos apresentados tem-se que, entre os seis orçamentos distintos para coberturas do tipo embutido, a opção de cobertura com laje impermeabilizada com impermeabilizante líquido, cujo custo chega a 37,27% mais barata que a opção mais cara apresentada, que se trata da cobertura com telha termoacústica, com estrutura metálica.

Contudo, apesar da opção de a laje impermeabilizada ser mais barata, não é a mais utilizada para casas do tipo de padrão popular, sendo que, o peso próprio da laje, necessita de um estrutural mais robusto, e de uma manutenção maior para a impermeabilização, sabendo-se que impermeabilização é a única proteção do tempo que se fornece para a estrutura da casa, muitas vezes, aplicada em casas de alto padrão, em que um dos pontos principais é a estética, e a laje, por ocupar menos inclinação, possibilita mais opções para detalhamentos de fachadas.

Para casas de padrão popular, é utilizado em casos de cobertura com platibanda, coberturas com estruturas tradicionais, sendo de madeira com fibrocimento ou a segunda opção de menor custo, chegando a 33,68%, do maior custo apresentado nos orçamentos. Essa escolha é bem empregada em casas de padrão popular, pois necessita de uma baixa manutenção, visto que a madeira não tem problemas de corrosões como o aço e é um material mais usado em na região.

Laje impermeabilizada com manta asfáltica é 37,27% mais cara que a opção mais barata apresentada neste trabalho, caracterizando-se como uma cobertura de maior custo, pela baixa utilização da manta asfáltica em edificações de padrão popular, sendo um material de alta qualidade, mais usados em construções de alto padrão, visto sua manutenção não

necessitar ser regular como a impermeabilização líquida, conseguindo ter mais opções estéticas, pela baixa necessidade de inclinação da cobertura, usada então, para detalhes arquitetônicos mais complexos e lajes de prédios.

Contudo, é possível verificar que a escolha de um projeto de impermeabilização, ao invés de uma cobertura tradicional, é de demanda de projetos de maior padrão, onde o ponto principal é a estética, e em seguida o custo. Desse modo, para edificações de baixo padrão, a cobertura com laje impermeabilizada torna-se uma opção não muito utilizada.

Portanto, é possível concluir, junto aos resultados obtidos pelo presente estudo, que a cobertura do tipo laje impermeabilizada com impermeabilizante líquido, mostrou ter um custo mais econômico para a cobertura da casa unifamiliar de padrão popular apresentado no estudo, e sua escolha na parte de cobertura, seria a opção mais adequada em viabilidade de custos.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES. MANTAS ASFÁLTICAS: **Construção estanque**. Revista **Construção Mercado**. São Paulo. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Impermeabilização e Seleção e projeto**: NBR 9575. Rio de Janeiro, 2008 a 2010. 14p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manta asfáltica para impermeabilização**: NBR 9952. Rio de Janeiro, 2007. 31p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: **Requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.
- AZEVEDO; ENSSLIN. **Conhecendo o Orçamento de Obras**. Elsevier Editora. Rio de Janeiro, 2011.
- BELLEI. EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS EM AÇO: **projeto e cálculo**. 3. ed. São Paulo, 2000.
- BRASILIT. **Manual de Instalação de Telhas de Fibrocimento**. São Paulo, 2022.
- BORGES. **Prática das pequenas construções**. Revisão José Simão Neto e Walter Costa Filho. 9. ed. revista e ampliada. São Paulo: Blücher, 2009.
- LIMA, CAROLINE DA SILVA. **Análise comparativa entre orçamentos de telhados aparentes e embutidos**. Sinop, 2022.
- CRUZ. IMPERMEABILIZAÇÃO: **Processo de impermeabilização em coberturas tipo lajes**. São Paulo, 2003.
- CASTRO, DIÉGO FERREIRA: **Estudo dos sistemas de impermeabilização em lajes de cobertura de edificações: técnicas e patologias**. Caratinga, 2015.
- COÊLHO, R. S. A. **Orçamento de obras na construção civil**. MA: Edição do Autor. São Luís, 2015.
- COGO, JUCELINA RAQUEL BARBOSA. **análise comparativa entre coberturas de aço e de madeira: uma avaliação entre o tradicional e o inovador**. São Paulo, 2020
- DIAS, L. de M. **Estruturas de aço: conceito, técnicas e linguagem**. São Paulo: Ziguarte, 1997.
- FARIAS. PROJETOS PARA EDIFICAÇÃO: **compatibilização de projetos**. São Paulo, 2012.

GONZÁLEZ. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. SaraivaEducação. São Paulo, 2008.

IBI. **A importância da impermeabilização para durabilidade das edificações**. VI Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. Rio de Janeiro, 1998

MARCHIORI, FERNANDA FERNANDES. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. São Paulo, 2009.

MATTOS, ALDO DÓREA. **Como Preparar Orçamentos de Obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2006.

MIRANDA, RIAN DAS DORES DE. SALVI, LEVI. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98. Maio de 2019.

MOBUSS. **ORÇAMENTO DE OBRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL: a importância de uma boa gestão orçamentária**. Blumenau, 2019.

MOLITERNO. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**: Editora Blucher. São Paulo, 2010.

NETTO, CLAUDIA C. **Autodesk® Revit® Architecture 2020: Conceitos e aplicações**. Saraiva Educação. São Paulo, 2020.

PEREIRA. **ESTRUTURA METÁLICA: Processo executivo, vantagens e desvantagens**. São Paulo: escola de engenharia, 2018 a 2021.

PFEIL, W; PFEIL, M. S. **ESTRUTURAS DE AÇO: dimensionamento prático**. Rio de Janeiro: 2020.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas**: Editora Pini, São Paulo, 1986.

REIS. **Desempenho mecânico de telhas termoacústicas**. Ambiente Construido, Macapá de 2017.

ROCHA. **Por uma membrana. Técnica**: a revista do Engenheiro Civil. São Paulo, 2011.

SANTOS ET A. **CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO: Técnicas e práticas construtivas para edificação de pequeno porte**. São Paulo, 2021.

SOUZA. **LAJES DE CONCRETO: o estudo de rigidez e lajes utilizando o parâmetro lambda**. São Paulo, 2022.

SOUZA, D. A. A. N. S. **Quantitativos - Critérios com fórmulas**. Artigo 01. OrçaBIM OrçaFascio. Rio de Janeiro, 2019.

THOMAZ. **MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES: Impermeabilização e meio**

ambiente. São Paulo, 1999.

TELES, D. J. X.; ROCHA, J. N. V. Utilização do BIM no desenvolvimento e integração de projetos: estudo de caso de um residencial multifamiliar.

Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil. Instituto Tecnológico de Caratinga MG. Minas Gerais, 2013.