

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Luísa Thomas Bratti

**COMPATIBILIZAÇÃO DE TELHADO VERDE COM
IMPERMEABILIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre

Agosto de 2023

LUÍSA THOMAS BRATTI

**COMPATIBILIZAÇÃO DE TELHADO VERDE COM
IMPERMEABILIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof.^a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Porto Alegre

Agosto de 2023

LUÍSA THOMAS BRATTI

**COMPATIBILIZAÇÃO DE TELHADO VERDE COM
IMPERMEABILIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof.^a Fernanda Lamego Guerra (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Arq. Catarina Feijó (ECOTELHADO)

Dedico este trabalho à minha família, por todo amor e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente, à professora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira por aceitar orientar este trabalho, além de prestar todo apoio e confiança para realizá-lo.

Aos meus amigos que fizeram parte de toda trajetória acadêmica, pelo companheirismo auxílio e apoio, especialmente à Aya, Daphne, Nicole, Maira e Tainá que estiveram desde o início comigo e foram minha base durante toda graduação.

Por fim, agradeço imensamente e dedico este trabalho à minha família, que sempre foi minha base. Aos meus pais Ronaldo e Ivete, a minha irmã Natália, ao meu cunhado Fábio e a minha dinda Adriana que esteve sempre comigo e agora é meu anjo da guarda. Agradeço por sempre terem acreditado em mim e me apoiado, me impulsionando a nunca desistir dos meus sonhos.

Como um sonâmbulo ecocida, a humanidade está realizando um gigantesco, temerário e quase certamente irreversível experimento no único lar que possui- a biosfera.

Eduardo Giannetti

RESUMO

A construção civil é notoriamente conhecida pelos impactos causados ao meio ambiente. Atualmente, muito se estuda e se percebe os infortúnios ocasionados por anos em que não se levou levando em consideração as ações realizadas sem cuidado com o clima e meio ambiente. Enxurradas recorrentes em dias de chuva e aumento de ilhas de calor são apenas alguns dos problemas gerados pela impermeabilização do solo de grandes áreas e edificações aglomeradas. Dessa forma, a construção civil, que gera grande impacto, busca alternativas sustentáveis para atenuar os danos. Assim, o objetivo principal do presente trabalho é compatibilizar um projeto de sistema de telhado verde a uma edificação pré-existente, considerando a aplicação de sistema de impermeabilização e orçamento dos sistemas. Além disso, serão apresentados impactos sustentáveis da implementação do telhado verde, como a capacidade de captação de água da chuva, realizando a comparação com os diferentes tipos de sistemas encontrados. Além disso, o telhado verde possibilita um melhor desempenho térmico para as edificações.

Palavras-chave: Telhado Verde. Sustentabilidade. Armazenamento de água.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cobertura ajardinada com isolamento térmico.....	21
Figura 2 - Telhado Verde na Cidade de Porto Alegre.....	23
Figura 3 - Dificuldade em executar cobertura vegetada desde o momento inicial.....	24
Figura 4 - Sistema Flat.....	24
Figura 5 - Detalhamento do Sistema Flat.....	25
Figura 6 - Tipo de Telhado Verde.....	25
Figura 7 - Exemplo do sistema de Bacia de Detenção.....	27
Figura 8 - Exemplo do sistema Modular Alveolar.....	28
Figura 9 - Corte do sistema Modular Alveolar.....	28
Figura 10 - Exemplo do sistema Modular Alveolar Grelhado.....	29
Figura 11 - Detalhe do sistema Modular Alveolar Grelhado.....	30
Figura 12 - Exemplo do sistema Laminar Médio.....	31
Figura 13 - Corte do sistema Laminar Médio.....	31
Figura 14 - Exemplo do sistema Laminar Médio.....	32
Figura 15 - Corte do sistema Laminar Médio.....	33
Figura 16 - Corte com detalhes do sistema Laminar Médio.....	33
Figura 17 - Corte das camadas dos sistemas de impermeabilização.....	36
Figura 18 - Planta de situação da edificação e do anexo.....	37
Figura 19 - Planta baixa do anexo.....	38
Figura 20 - Vista superior da Laje do anexo.....	38
Figura 21 - Corte da Laje com platibanda.....	39
Figura 22 - Detalhe Dreno para escoamento de água do sistema Laminar Médio.....	41
Figura 23 - Detalhe dos materiais que compõem o sistema Laminar Médio.....	41
Figura 24 - Detalhe do corte do sistema de impermeabilização.....	44
Figura 25 – Membrana Fag 14.....	46
Figura 26 – Detalhe da Membrana Fag 14.....	46
Figura 27 – Detalhe Materiais Hidráulicos da proposta.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Orçamento do Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas.	44
Tabela 2 – Orçamento da mão de obra do Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas.....	46
Tabela 3 – Orçamento da Impermeabilização da Laje – valores globais.....	47
Tabela 4 – Orçamento da Camada de Regularização Mecânica.....	48
Tabela 5 – Orçamento do Primer.....	48
Tabela 6 – Orçamento do Manta Asfáltica.....	49
Tabela 7 – Orçamento da Proteção Mecânica.....	49
Tabela 8 – Custo Total do Sistema de Impermeabilização.....	50
Tabela 9 – Custo Total	50

LISTA DE SIGLAS

CO₂ – dióxido de carbono

ONU – Organização das Nações Unidas

ESG - Environmental, Social and Governance

INGRA - Internacional Green Roof Association

EMP – Etileno propileno

EPDM – Etileno-propileno-dieno

PEAD – Polietileno de alta densidade

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo principal.....	16
1.1.2	Objetivos secundários	16
1.2	METODOLOGIA	16
1.3	DELIMITAÇÕES	16
1.4	LIMITAÇÕES.....	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
2.2	TELHADOS VERDES	19
2.2.1	Tipos de Telhados Verdes	19
2.2.2	Estrutura da composição do Telhado Verde.....	20
2.3	SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PARA TELHADOS VERDES	23
2.3.1	Bacia de Detenção e Amortecimento	26
2.3.2	Sistema Modular Alveolar	27
2.3.3	Sistema Modular Alveolar Grelhado.....	28
2.3.4	Sistema Laminar Médio.....	30
2.3.5	Sistema Laminar Alto	32
2.4	IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE	34
2.4.1	Tipos de Impermeabilização.....	34
3	PROJETO E EXECUÇÃO DO TELHADO VERDE	37
3.1	SISTEMA SELECIONADO.....	39
3.1.1	Elementos do Sistema Laminar Médio.....	39
3.2	ESCOLHA DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	42
3.2.1	Camada de Regularização	42

3.2.2	Primer	42
3.2.3	Manta Asfáltica.....	43
3.2.4	Proteção Mecânica.....	43
3.3	EXECUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE.....	43
4	ORÇAMENTAÇÃO DO SISTEMA	45
4.1	ORÇAMENTO TELHADO VERDE	45
4.2	ORÇAMENTO IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE.....	47
4.2.1	Quantidade de materiais	48
4.2.2	Orçamento da Impermeabilização.....	50
4.3	CUSTO TOTAL DO SISTEMA.....	51
5	AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA A SER CAPTADA	52
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	APÊNDICE A	

1 INTRODUÇÃO

A evolução do crescimento urbano é notória nas últimas décadas. Diversas construções realizadas nesse período não levaram em conta os impactos ambientais futuros. Em razão disso, infortúnios são percebidos atualmente, tais como ineficiência na drenagem em dias de grande volume de chuva e formação de ilhas de calor.

Atualmente, buscam-se alternativas sustentáveis para a construção civil de modo a atenuar os impactos ambientais gerados, além de utilizar-se de mecanismos que ajudem na redução de danos em épocas de crise hídrica, por exemplo. Desse modo, os telhados verdes são uma alternativa sustentável de minimizar os efeitos negativos gerados pelas construções, além de possibilitar a captação da água da chuva para posterior uso doméstico. O telhado verde permite o cultivo de uma vegetação adequada sobre uma laje ou telhado impermeabilizado contribuindo para o ambiente urbano de forma que combata as ilhas de calor, melhorando assim a qualidade do ar com a ajuda da vegetação que absorvem emissões de CO₂ (dióxido de carbono), bem como outras vantagens (OLIVEIRA, 2009). A prática não é nova, visto que a técnica já era utilizada no século VI a.C. nos Jardins Suspensos da Babilônia.

No entanto, foi a partir da década de 1960 que a Alemanha iniciou pesquisas e desenvolveu materiais sobre o assunto. Esse sistema pode ser utilizado tanto em edificações que serão executadas, como também em edificações já construídas, tendo a necessidade de verificação da estrutura existente quanto ao suporte de cargas do sistema.

O presente trabalho visa o estudo do projeto e orçamentação do sistema de telhado verde, para uma residência na cidade de Encantado Rio Grande do Sul, desde a impermeabilização da laje até a escolha e justificativa do sistema. Inicialmente é apresentada uma revisão bibliográfica que visa introduzir o conceito de sustentabilidade na construção civil, além de abordar os tipos de telhado verde e tipos de impermeabilização. Após a apresentação do sistema, é explicada a escolha dos sistemas possíveis, um detalhamento dos mesmos e a realização do orçamento do telhado verde. Por fim, é realizada uma estimativa da quantidade de água que pode ser captada pelo sistema escolhido, outrossim, é realizada a comparação com outros tipos de telhados verdes disponíveis pela empresa escolhida para orçamentação.

1.1 OBJETIVOS

No presente item estão abordados os objetivos gerais e específicos deste trabalho que se refere a uma pesquisa bibliográfica e análise de sistemas existentes.

1.1.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho será a compatibilização do telhado verde, do sistema de impermeabilização da laje e orçamento do sistema escolhido em uma estrutura existente.

1.1.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário do presente trabalho é apresentar possíveis sistemas de telhado verde. Outrossim, a realização da estimativa da quantidade de água que o sistema escolhido poderá coletar, sendo comparado com os outros sistemas apresentados.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento do presente trabalho está baseada em busca em referencial teórico, pesquisa bibliográfica, na qual foram coletados dados para melhor entendimento do sistema, levantamento in loco e análise de projetos existentes visando propor um novo projeto. Após a primeira análise dos dados foi realizada uma abordagem qualitativa a fim de descrever o sistema e produzir informações e ilustrar sistema. O sistema de telhado verde está esquematizado, para entender seu funcionamento e estrutura, porém o foco principal é o estudo do sistema Laminar Médio, o detalhamento do sistema de impermeabilização, a orçamentação, cálculo da estimativa de armazenamento de água e compatibilização com o projeto existente.

1.3 DELIMITAÇÕES

O estudo do sistema de telhado verde extensivo será realizado para uma residência no município de Encantado/RS. Para isso foi detalhado um sistema de impermeabilização de modo a receber o sistema do telhado verde, bem como quantificado o volume de água que poderá ser captado a partir dele. A base para o telhado verde consiste em uma laje pré-moldada de concreto. Assim como, realizou-se o orçamento desse sistema e sua instalação.

1.4 LIMITAÇÕES

No presente trabalho não foi avaliado o desempenho térmico. Além disso, não foi verificada a carga da laje existente, foi verificado apenas se o peso do telhado verde não ultrapassa o valor de carga permitido pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Outrossim, não será acompanhada a execução do sistema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No ano de 1972 a ONU promove na Suécia o primeiro evento tendo a finalidade de colocar em pauta questões ambientais, sendo denominado Conferência de Estocolmo. Já em 1983 foi instituída, pela ONU, a Comissão Mundial das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela ex-Primeira Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland. Em 1987, foi publicado um relatório na Comissão de Brundtland, “Nosso Futuro Comum”. Desse relatório surgiu um conceito importante sobre sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável “é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 46).

A indústria da construção civil é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Estima-se que 50% dos recursos naturais extraídos estão relacionados à atividade de construção (BRASILEIRO; MATOS, 2018). Assim, o rápido crescimento das grandes cidades cria desafios no cumprimento do conceito de sustentabilidade descrito em 1987. O crescimento acelerado dos grandes centros gera aumento do fluxo de pessoas, inúmeras construções informais sem – em sua grande maioria – as mínimas condições de saneamento básico, água potável, transporte adequado e educação. Além do mais, o grande crescimento das cidades promove a perda da permeabilidade do solo devido às construções.

“O compacto uso da terra torna-se ecologicamente desequilibrado, afetando a biodiversidade e a variedade de espécies na natureza, além de ser responsável pelas inundações, má qualidade do ar assim como pelos riscos para a saúde humana, segurança alimentar, energia, disponibilidade de água potável, gestão de resíduos, assim como pelo efeito de ilha de calor urbano, pela perda de relações sociais entre as pessoas e o meio ambiente, produzindo condições de vida abaixo dos padrões aceitáveis” (MINKS, 2013, p. 5).

Dessa forma um novo modelo de construção civil, que pense na natureza e na utilização de recursos com parcimônia, tendo o cuidado de preservar a fauna e a flora, deve ser implementado. Com isso, é possível relacionar o efeito do aquecimento global, à influência direta da diminuição das áreas de cobertura verde, aumentando assim, a temperatura global. Destarte, é imprescindível que a construção civil reflita e promova alternativas para um melhor uso do solo e melhor uso dos recursos que existem.

Com isso, é possível citar um movimento que vem surgindo no meio corporativo denominado de ESG (*Environmental, Social and Governance*). Essa sigla representa o conjunto

de medidas que visa divulgar e medir os impactos ambientais, de governança e sociais das organizações, tendo surgido em 2004 a partir de uma publicação do Pacto Global, juntamente com o Banco Mundial, denominada *Who Cares Wins* (quem se importa ganha). O termo Sustentabilidade Empresarial, pode ser considerado um direcionador estratégico da organização de uma empresa em prol de um mundo mais sustentável. Tal iniciativa abrange os esforços de uma empresa para diminuir os impactos ambientais (NICOLĂESCU *et al*, 2015).

A partir disso, muitas construtoras e incorporadoras estão participando desse movimento, tentando adequar suas construções e seu design ao cuidado com uso de recursos, uso do solo, além de buscar alternativas inovadoras para incorporar na construção civil de modo a transformar ela em um segmento mais sustentável, tentando diminuir os impactos gerados. De acordo com Van der Ryn e Cowan (1996, p.18) “design ecológico é especificado como uma forma de design que minimiza os impactos ambientalmente destrutivos, integrando-se com os processos vivos.”

2.2 TELHADOS VERDES

Uma alternativa para incorporar medidas sustentáveis na construção civil é a utilização de telhados verdes, também chamados de coberturas vegetais, coberturas verdes entre outros. A prática não é nova, visto que a técnica já era utilizada no século VI a.C. nos Jardins Suspensos da Babilônia. No entanto, foi a partir da década de 1960 que a Alemanha iniciou pesquisas e desenvolveu materiais sobre o assunto. Esse sistema pode ser utilizado tanto em edificações que serão executadas, como também em edificações já construídas, tendo a necessidade de verificar se a estrutura existente suporta o sistema.

De acordo com Costa *et al.* (2012 p.2) a definição para telhado verde é “uma cobertura que utiliza a técnica da implantação de uma camada vegetal em superfícies, fachadas ou coberturas”. Sua implementação permite a criação de novas áreas verdes, podendo assim, incorporar em edifícios de grandes centros urbanos, novos habitats verdes, tornando essas cidades mais sustentáveis e tentando assim diminuir os impactos ambientais gerados pela construção civil.

2.2.1 Tipos de Telhados Verdes

De acordo com Heneine (2008) é possível destacar dois tipos de telhados verdes, a cobertura intensiva e a extensiva. O INGRA (*Internacional Green Roof Association*) define como telhado verde extensivo o que possui profundidade variável entre 6 cm e 20 cm de

substrato, bem como, peso entre 60 kg/m² a 150 kg/m². Já a definição do sistema intensivo se dá por meio da profundidade do substrato que é superior a 15 cm e pode chegar até 1 metro. O peso deste sistema pode variar entre 180 kg/m² a 500 kg/m² (HENEINE, 2008, p.21). Segundo Jobim (2013, p.16), “o sistema extensivo pode ser construído em praticamente todos os tipos de cobertura (telhas cerâmicas, de fibrocimento, coberturas de aço e lajes, enquanto que o sistema intensivo necessita de um estudo prévio devido suas características físicas.”

De acordo com Silva (2011), o sistema extensivo possui característica de ter vegetação de solo médio drenagem e retenção de umidade. Além disso, ainda possui sistema de isolamento, uma barreira de proteção da camada de superfície com membrana impermeável. Já o sistema intensivo, ainda de acordo com a autora, é caracterizado por árvores de maior porte como pequenas árvores frutíferas, e sua manutenção demanda cuidados que se assemelham aos empregados em um jardim comum. “Os telhados com sistemas intensivos possuem um custo mais elevado e necessitam de maiores cuidados no dia-dia, inclusive com a manutenção e irrigação, além da necessidade de maiores cuidados no processo de instalação dos sistemas de drenagem e de impermeabilização” (JOBIM, 2013, p.17).

Além das características citadas acima, é possível identificar mais uma definição para os telhados verdes. Os telhados verdes podem ser acessíveis às pessoas ou inacessíveis. Segundo Araújo (2007), os telhados acessíveis podem agregar valor ao imóvel, visto que, permitem maior área útil que pode ser utilizada como área de lazer, recreação, dentre outros fins. Todavia, é importante ressaltar que tal tipo de telhado é adequado para o sistema intensivo devido a suas peculiaridades.

2.2.2 Estrutura da composição do Telhado Verde

De acordo com Jobim (2013, p.20), “a composição mais comum e simples de um telhado verde, o qual foi aceito por inúmeras empresas, compreende a disposição de cinco camadas básicas: vegetação, substrato, camada de filtragem, camada de drenagem e camada de impermeabilização”. Podemos identificá-las na Figura 1.

Figura 1 – Cobertura ajardinada com isolamento térmico



(Fonte: Notas de aula)¹

Todas as camadas que compõem o sistema são extremamente importantes e devem ser combinadas de forma correta para o cumprimento de suas funções.

2.2.2.1 Base do Telhado ou Laje

De acordo com Rossignolo e Fabrício (2007), a principal função das coberturas é a proteção das edificações. Elas são indispensáveis para que as coberturas não sofram com as intempéries, resguardando assim, função estética e econômica. De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021), o sistema de cobertura é definido como:

Conjunto de elementos / componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação habitacional (ABNT, 2021, p. 8).

A cobertura composta por um telhado verde deve ter como base uma laje de concreto armado impermeabilizada. Assim, é necessária a consideração das cargas as quais a estrutura estará imposta.

¹ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2.2.2.2 Camada Impermeabilizante

Para a camada impermeabilizante é de suma importância avaliar o tipo de solicitação a qual ela estará exposta. “Existe uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados como mantas ou membranas (asfáltica, termoplástica, elastomérica, betume polímeros) até mesmo resinas ou bases, todos responsáveis por evitar o contato da água e da umidade com a estrutura base do telhado verde, conseqüentemente evitando infiltrações” (JOBIM, 2013, p.22).

Dessa forma, é necessário um correto projeto de impermeabilização, bem como a correta execução ou escolha dos materiais para que sejam evitados problemas futuros.

2.2.2.3 Camada de Drenagem

A camada de drenagem é uma função complementar no telhado verde, ela serve como uma aeração para as raízes, além disso, ela ainda pode armazenar água. De acordo com Heneine (2008), ela permite que o excesso d'água esco para os drenos.

2.2.2.4 Camada de filtragem

A camada de filtragem possui uma função simples, mas de suma importância para o sistema, filtrar a água, auxiliando na separação da camada de drenagem do substrato. Assim, esta camada evita que sobreposição das demais cause obstrução do sistema.

2.2.2.5 Substrato

De acordo com Heneine (2008),

O principal critério dos sistemas de substratos é: o tamanho dos grãos; a proporção do material orgânico; resistência ao frio ou à geada, estabilidade estrutural; resistência à erosão pelo vento; permeabilidade de água; máxima capacidade de retenção de água; nutrientes satisfatórios; aeração e um bom pH (HENEINE, 2008, p. 26).

A escolha do substrato está diretamente ligada ao tipo do telhado e vegetação escolhida.

2.2.2.6 Vegetação

A escolha da vegetação depende de inúmeros fatores, mas o que mais deve ser levado em conta é o clima do local. De acordo com a empresa responsável pelo projeto – Figura 2 – que detém a patente dos sistemas exemplificados no presente trabalho, algumas espécies de plantas são ideais para o telhado verde como: grama Esmeralda, grama São Carlos, Dinheiro em Penca, Clússia, grama Amendoin, Vedélia, Lambari Lambari Roxo, lho Social, Aspargo, Bulbine, Clorofito, Boldinho, Lantana, Capuchinha e Verbena.

Figura 2 – Telhado Verde na Cidade de Porto Alegre.



(Fonte: Ecotelhado,2023)

2.3 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS PARA TELHADOS VERDES

Existem diversas soluções construtivas para a execução de um telhado verde, inclusive a execução de um jardim sobre a laje. A indústria da construção civil vem encontrando soluções mais práticas e com resultados mais rápidos. O ideal é que o telhado verde acrescente pouca sobrecarga à estrutura e apresente coesão do solo desde o início, em função de apresentar uma cobertura vegetada desde a instalação.

Inicialmente, os telhados verdes eram executados com o substrato diretamente na base conforme Figura 6 o que gerava uma carga excessiva a ela. Dessa forma, as empresas criaram módulos que visam diminuir a camada de substrato reduzindo, assim, a carga, conforme, compondo o sistema “Flat” mostrado na Figura 4 e na Figura 5. Outra dificuldade encontrada é na execução da cobertura vegetada desde o momento inicial, conforme mostra Figura 3. O enraizamento da vegetação pode ser difícil o que demanda um cuidado inicial elevado, podendo gerar falhas na vegetação. Essa falha pode ocorrer por diversos motivos como falta de irrigação,

falta de adaptação da vegetação com o local, chuvas que levam o substrato com a planta, dentre outros.

Figura 3 – Dificuldade em executar cobertura vegetada desde o momento inicial.



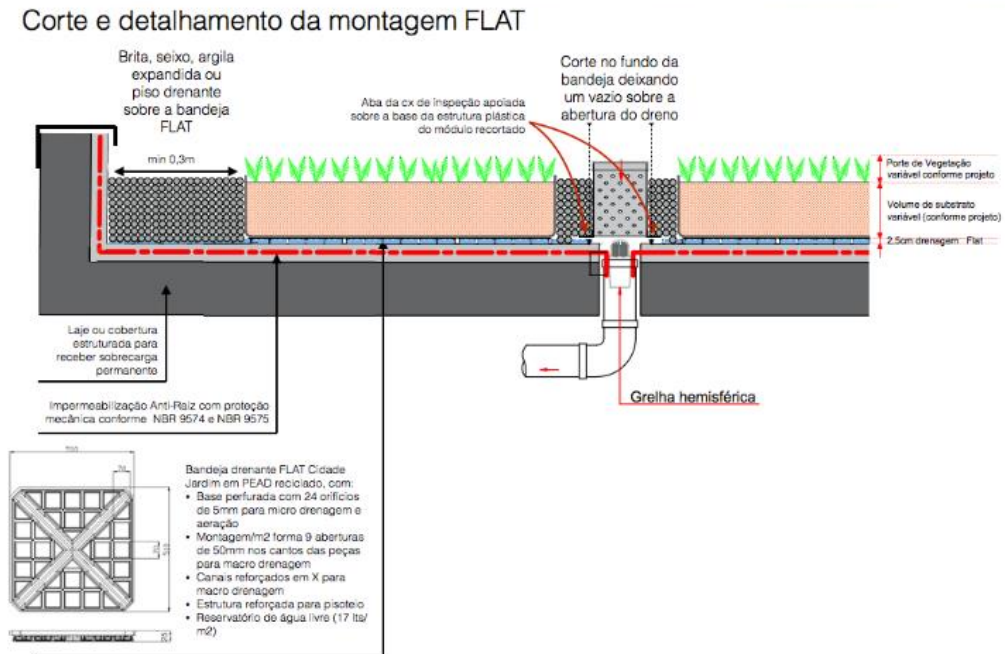
(Fonte: Decora Interi, 2023)

Figura 4 – Sistema Flat



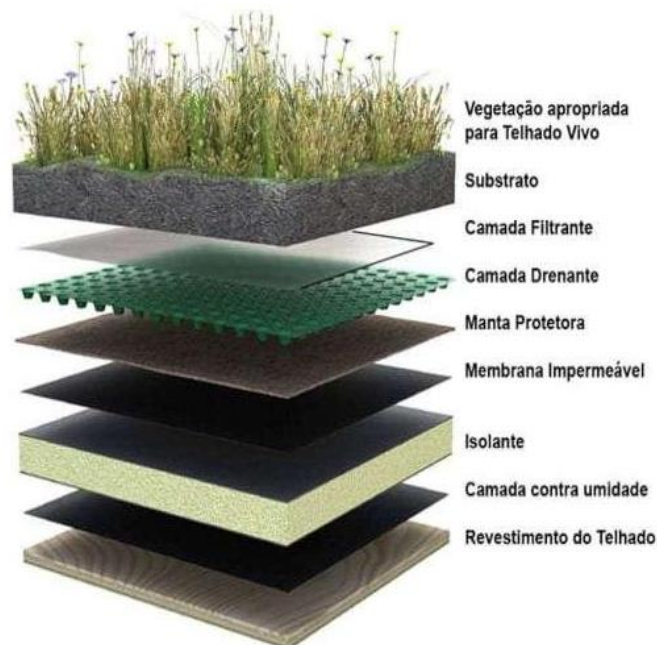
(Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2023)

Figura 5 – Detalhamento do Sistema Flat



(Fonte: Instituto Cidade Jardim,2023)

Figura 6 – Tipo de Telhado Verde



(Fonte: Dilly, 2016)

Para a realização desse trabalho foram avaliadas soluções possíveis adotadas na construção civil, de forma específica da empresa de telhados verdes situada em Porto Alegre,

Rio Grande do Sul. Esta empresa foi escolhida pela proximidade da cidade que será executado o telhado verde. Foi realizada uma visita no local sede da empresa no qual foi possível conhecer diversos sistemas, os quais estão especificados abaixo.

2.3.1 Bacia de Detenção e Amortecimento

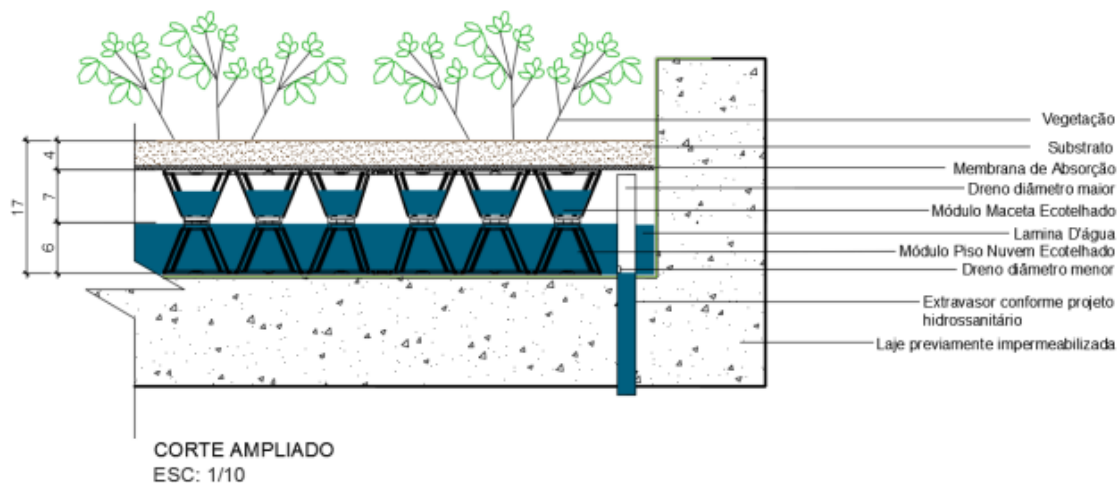
Esta solução permite a combinação de duas tecnologias distintas com o objetivo de promover a drenagem urbana com o amortecimento da água da chuva e ao mesmo tempo agindo como um purificador urbano através do telhado verde (figura 7). Esse sistema é dividido basicamente em duas partes, a parte inferior é responsável pela retenção da água que irá para o dreno pluvial. Já a parte superior retém a água que será utilizada pela própria vegetação.

É possível obter benefícios ao escolher esse sistema, dentre citam-se os seguintes (ECOTELHADO, 2023):

- armazenamento temporário de água da chuva para mitigar os impactos do escoamento reduzindo as vazões do telhado;
- armazenamento para reutilização, como irrigação para uso em residência ou indústria, oportunidades de lazer, entre outros usos;
- elimina custo elevado de execução nas obras das usuais bacias ou reservatórios de concreto para drenagem urbana;
- ajuda a diminuir o risco de enchentes, alagamentos e inundações nos grandes centros urbanos;
- reduz o volume de água descartada no sistema de esgoto pluvial em períodos de chuva.

Alguns cuidados devem ser tomados ao utilizar esse sistema. É necessária uma estrutura que suporte o peso do sistema somado ao o armazenamento de água. Como exemplo, considerando a ficha técnica disponível para este tipo de sistema da empresa ECOTELHADO, este teria a capacidade de retenção de água de 49 litros/m² (água de irrigação ou chuva) que pode chegar até 100 litros (ECOTELHADO, 2023).

Figura 7 – Exemplo do sistema de Bacia de Detenção



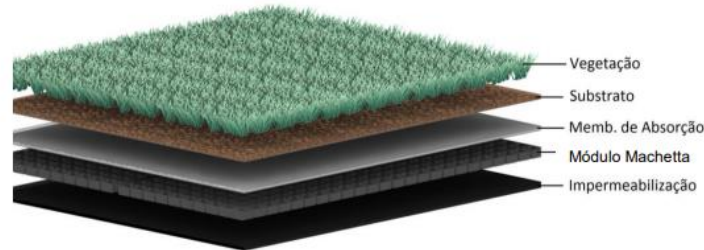
(Fonte: Ecotelhado, 2023)

2.3.2 Sistema Modular Alveolar

A escolha de um telhado verde usando este tipo de modelo tem como objetivo proporcionar ao telhado, com pouca ou sem inclinação, uma cobertura vegetada para conforto térmico do ambiente interno e maior convívio com a natureza (ECOTELHADO, 2023). Tem um formato visando acrescentar pouco peso a laje e permitindo armazenar água para a vegetação. Esse sistema é recomendado para telhados nos quais terá pouca circulação, conforme figuras 8 e 9.

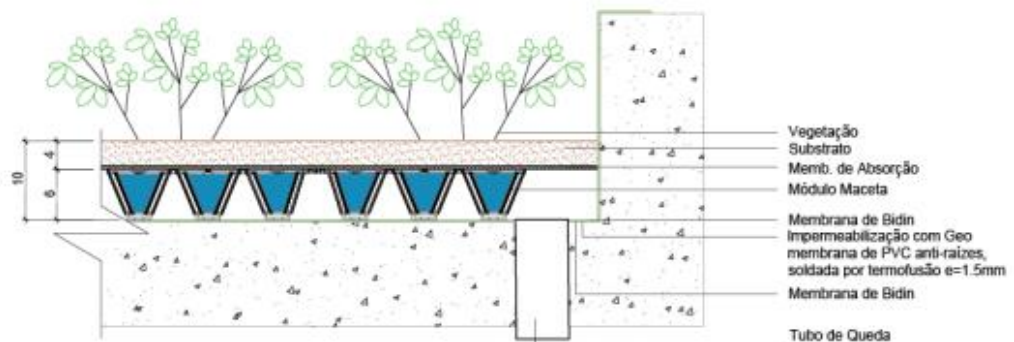
Como exemplo, considerando a ficha técnica disponível para este tipo de sistema da empresa ECOTELHADO, o mesmo é oferecido em módulos que possuem $0,16 \text{ m}^2$ e possuem a capacidade de reter 35 litros/m^2 . Ainda de acordo com informações, a estrutura deve suportar o peso de 80 kg/m^2 (ECOTELHADO, 2023).

Figura 8 – Exemplo do sistema Modular Alveolar



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

Figura 9 – Corte do sistema Modular Alveolar



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

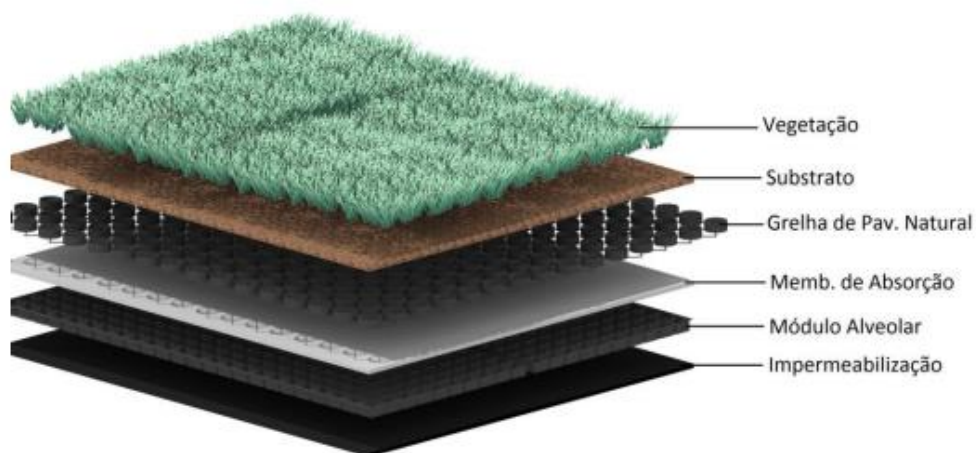
2.3.3 Sistema Modular Alveolar Grelhado

Esse sistema é mais simples, no qual seu principal componente é o módulo. Possui uma altura menor, - 7 cm - em comparação aos outros sistemas, conforme Figuras 10 e 11. Além disso, possui um elemento extra que é a grelha, localizada entre o substrato e a membrana de absorção. Esse sistema, se caracteriza pela presença, em sua composição, da membrana alveolar, responsável pela reserva de água para vegetação, e inclusão da grelha tridimensional

de PEAD, que retém o substrato dentro de seus círculos, não permitindo o escoamento em função da inclinação (ECOTELHADO, 2023).

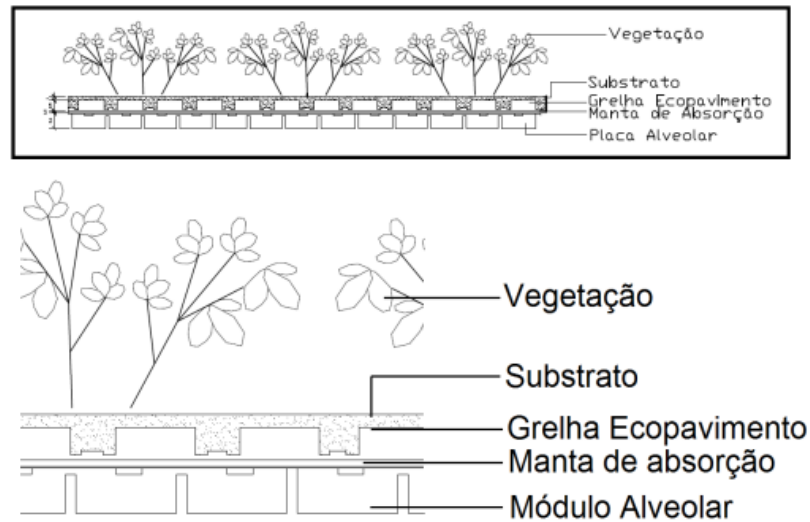
Como exemplo, considerando a ficha técnica disponível para este tipo de sistema da empresa ECOTELHADO, o telhado verde é composto por módulos que possuem área de 1,61 m² e é capaz de reter até 35 litros/m² de água. Para sua instalação a estrutura deve suportar 80 kg/m² (ECOTELHADO, 2023).

Figura 10 – Exemplo do sistema Modular Alveolar Grelhado



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

Figura 11 – Detalhe do sistema Modular Alveolar Grelhado



(Fonte: Ecotelhado,2023)

2.3.4 Sistema Laminar Médio

Esse sistema permite a execução sobre a laje plana. Trata-se de uma cobertura vegetada visando melhorar o conforto térmico do ambiente interno e maior convívio com a natureza, conforme figuras 12 e 13. É caracterizado por módulos de 7 cm de altura, responsáveis pela reserva de água de até 50 l/m², proporcionando irrigação da vegetação por capilaridade (ECOTELHADO, 2023).

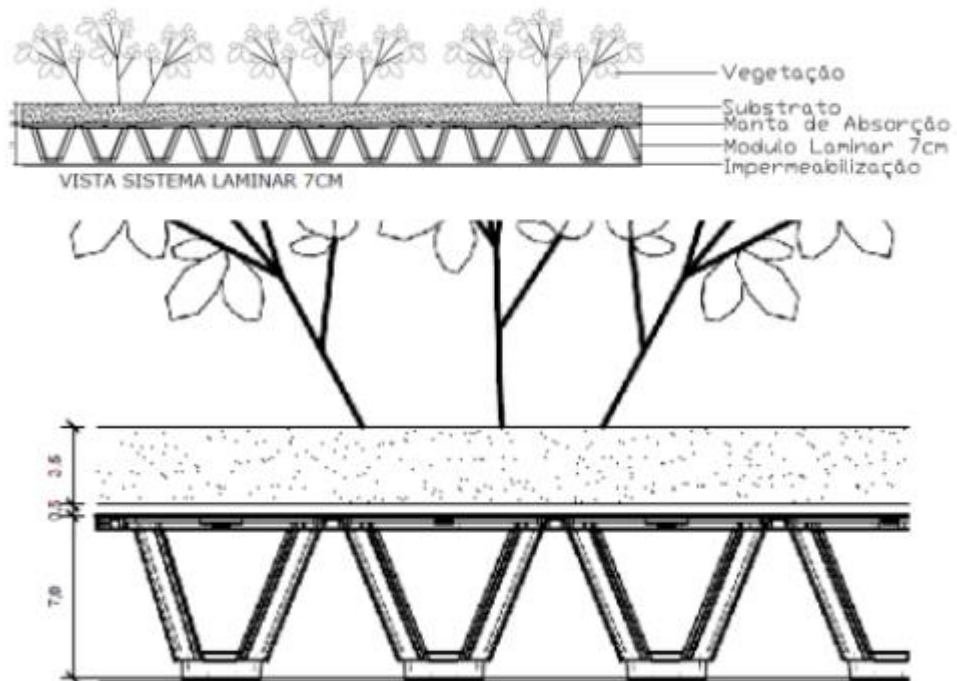
Para a utilização desse sistema a laje deverá suportar 110 kg/m².

Figura 12 – Exemplo do sistema Laminar Médio



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

Figura 13 – Corte do sistema Laminar Médio



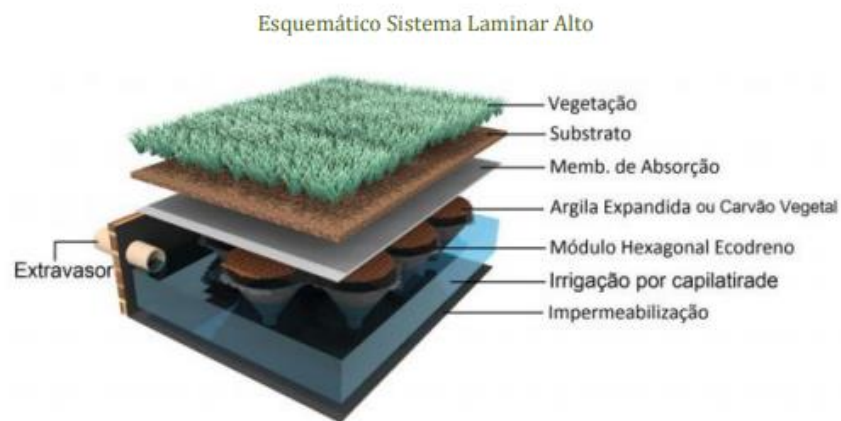
(Fonte: Ecotelhado, 2023)

2.3.5 Sistema Laminar Alto

Esse sistema proporciona um grande reservatório de retenção de água pluvial, ou seja, na mesma área do telhado verde o sistema laminar funciona como um piso flutuante e sob ele se localiza o reservatório de detenção de água pluvial (ECOTELHADO, 2023). Esse sistema por armazenar grande quantidade de água, necessitando de menor irrigação e, em alguns casos, permite a alocação da reserva de água para possíveis cisternas existentes, conforme Figuras 14 ,15 e 16.

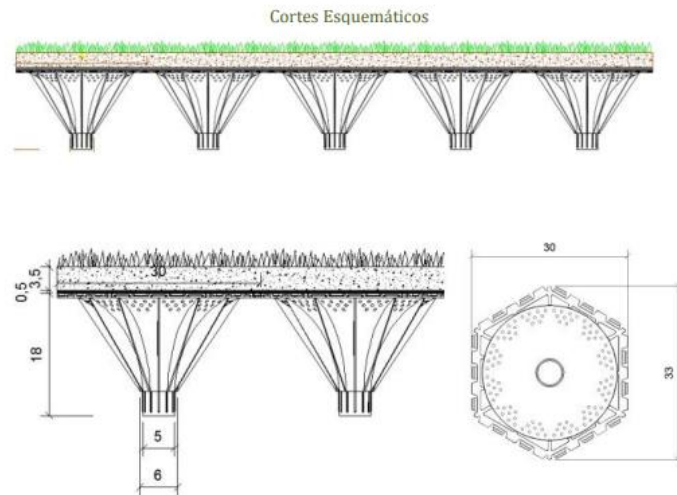
O sistema Laminar Alto possui capacidade de retenção de até 160 litros/m². Por causa do grande volume por metro quadrado que o sistema pode armazenar ele necessita de uma laje que suporte o peso de 250 kg/m² (ECOLTELHADO, 2023).

Figura 14 – Exemplo do sistema Laminar Alto



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

Figura 15 – Corte do sistema Laminar Médio



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

Figura 16 – Corte com detalhes do sistema Laminar Médio



(Fonte: Ecotelhado, 2023)

2.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BASE

A base que recebe o telhado verde deve contar com um sistema de impermeabilização adequado, que acompanhe as movimentações térmicas da estrutura, garantindo a estanqueidade. A escolha correta do tipo de impermeabilização é de fundamental importância para que o sistema de cobertura apresente o desempenho esperado.

O sistema de impermeabilização é um conjunto de componentes de uma edificação com características de impermeabilidade que, combinados de maneiras específicas, têm a função de impedir a passagem da água de um lado ao outro deste conjunto². Além disso, de acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010) a impermeabilização pode ser definida por meio de “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”. A camada de impermeabilização “tem por função proteger a camada de suporte contra toda e qualquer umidade proveniente do meio externo, passando pelo sistema, assegurando a estanqueidade do mesmo” (ROLA, 2008, p.96).

O sistema de impermeabilização deve seguir alguns requisitos de desempenho importantes como a segurança, habitabilidade, durabilidade e economia³.

2.4.1 Tipos de Impermeabilização

Nos próximos itens estão apresentados os diferentes tipos de impermeabilização.

2.4.1.1 Impermeabilização Rígida

A impermeabilização rígida é um conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis com eventuais deformações da base ou substrato. Ou seja, apresentam baixa capacidade de absorver deformações da base, especialmente deformações localizadas como fissuras e trincas. São aplicáveis às partes construtivas não sujeitas a movimentação [ou deformação] do elemento construtivo (ABNT, 2010).

Dentre os tipos de impermeabilizações rígidas podemos citar os aditivos cristalizantes, argamassas impermeáveis, argamassas poliméricas, cimento polimérico e resinas epóxi.

² Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

³ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

2.4.1.2 Impermeabilização Flexível

A impermeabilização flexível é o conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis com a movimentação da base ou substrato e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. Para ser caracterizada como flexível, a camada impermeável deve ser submetida a ensaio específico⁴.

Dentre os tipos de impermeabilizações flexíveis podemos citar a manta asfáltica, impermeabilizantes asfálticos (aplicados a quente e aplicados a frio), impermeabilizantes poliméricos, membrana acrílica, resina termoplástica com adição de cimento e membrana TPO (composta de núcleo de polipropileno revestido nas duas faces por borracha de etileno-propileno (EPM), etileno-propileno-dieno (EPDM) ou poliéster)⁵.

2.4.1.3 Impermeabilização Semiflexível

Impermeabilização semiflexível corresponde a um conjunto de materiais ou produtos que apresentam alguma capacidade de deformação e que trabalham com a estrutura ou substrato. Essa definição não consta em norma, mas é definida pelos fabricantes de alguns tipos de impermeabilização⁶.

2.4.1.4 Sistemas de Impermeabilização

Alguns itens compõem o sistema de impermeabilização, dentre eles a base que em algumas vezes condiciona exigências do sistema de impermeabilização como grau de fissuração, deformabilidade, movimentações térmicas, presença de saliências e geometria. Quando uma base possui várias características, ela necessita de diferentes tipos de impermeabilização. Outro item que compõem o sistema é a camada de regularização que possui a função de regularizar a base, promovendo uma superfície uniforme. Já a camada impermeável possui a função de impedir a passagem de água como uma barreira protetora. Outrossim, podemos citar também a proteção mecânica que possui função de dissipar e absorver esforços mecânicos dos quais a camada impermeável precisa estar protegida. Além disso, ainda é

⁴ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁵ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁶ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

possível citar a camada de separação que impede a aderência de outros materiais à camada de impermeabilização⁷, conforme Figura 17.

Figura 17 – Corte das camadas dos sistemas de impermeabilização



(Fonte: Notas de aula)⁸

⁷ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁸ Notas de Aula Professor José Azambuja, disciplina de Edificações IIA, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3 PROJETO E EXECUÇÃO DO TELHADO VERDE

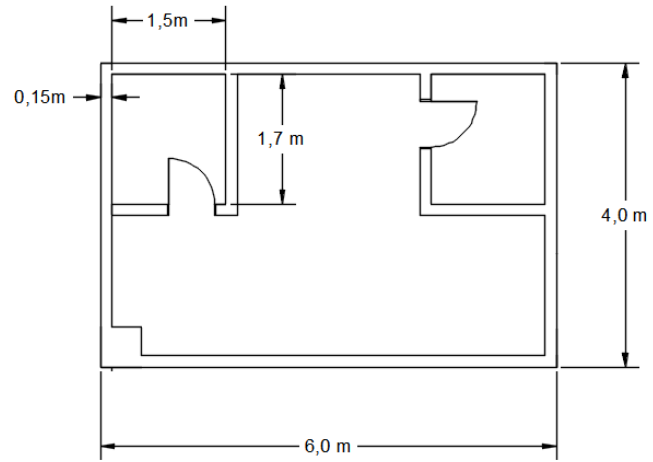
O local em que será executado o telhado verde é um anexo de 24 m² ilustrado na figura 19 de uma residência na cidade de Encantado (RS). Foi realizado com sistema estrutural composto por vigas e pilares de concreto armado e alvenaria de vedação. Possui uma pré-laje de 20 cm de espessura. Coberto por telha metálica, a edificação não apresenta boas condições de conforto térmico, dessa forma, viu-se a necessidade de optar por uma solução que melhorasse o desempenho térmico do local.

Nos próximos itens serão apresentados o sistema de telhado verde e o sistema de impermeabilização escolhidos, bem como as justificativas para tais escolhas. Na Figura 18 está demonstrada a planta de situação da edificação juntamente com o anexo. Já na Figura 19 e 20 é possível identificar a planta baixa do anexo e na Figura 21 o corte da laje com a platibanda.

Figura 18 – Planta de situação da edificação com anexo

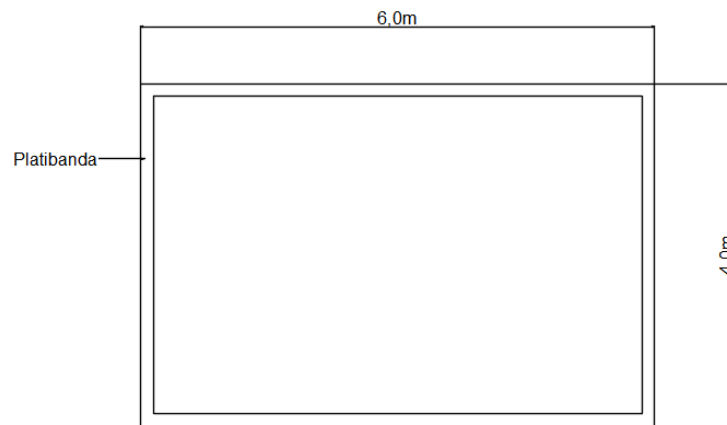


Figura 19 – Planta baixa do anexo.



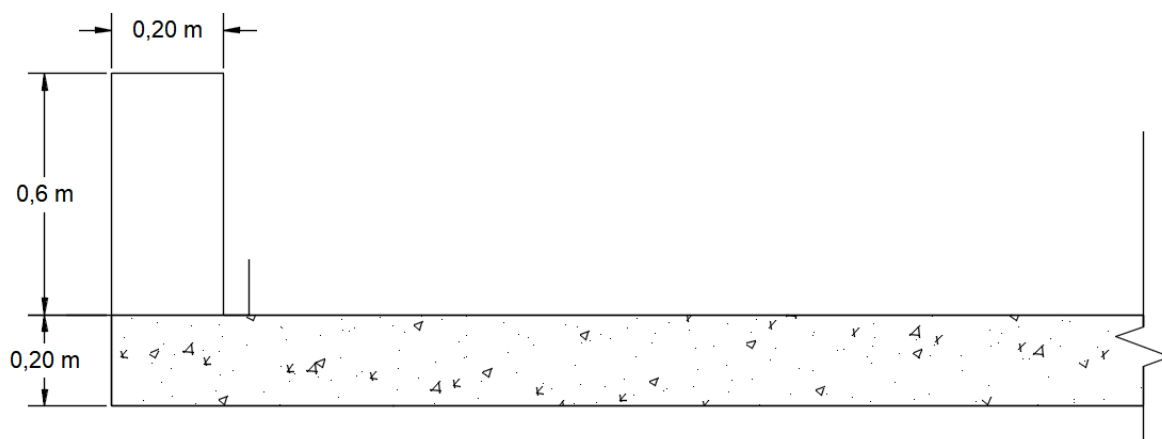
(Fonte: Elaborada pela autora)

Figura 20 – Vista superior da Laje do anexo



(Fonte: Elaborada pela autora)

Figura 21 – Corte da Laje com platibanda.



(Fonte: Elaborada pela autora)

3.1 SISTEMA SELECIONADO

Para o estudo do presente trabalho foi escolhido o sistema Laminar Médio devido a sua capacidade de armazenamento de água que atenderia a expectativa do cliente para auto irrigação, ao mesmo tempo que não geraria uma carga excessiva para a laje. Além disso, foram levados em consideração as revisões da literatura para escolha do sistema.

A laje que está executada é uma laje com capacidade de 200 kg/m² de acordo com o fornecedor (CONSTRUROHR, 2023). Dessa forma, o sistema Laminar Alto e a Bacia de Detenção não poderiam ser executadas pois ultrapassariam a capacidade da laje. É importante ressaltar que não será realizado o estudo para reforços da laje.

Nesse capítulo o sistema Laminar Médio será detalhado, desde seus materiais até sua instalação. Todas as informações abaixo listadas foram retiradas da ficha técnica disponibilizada pelo fornecedor.

3.1.1 Elementos do Sistema Laminar Médio

A empresa de Porto Alegre escolhida para o fornecimento do Telhado Verde já disponibiliza um projeto pronto para cada sistema e foi buscado adequação para a presente proposta.

3.1.1.1 Especificações dos Materiais

O sistema Laminar Médio possui alguns materiais específicos em sua composição (ECOTELHADO, 2023).

1. Módulo Piso Nuvem: ele é um módulo de plástico reciclado em placas semiflexíveis de cor preta. Suas dimensões são de 0,40x0,40x0,07m, essa dimensão garante que sejam retidos até 50 l/m². Com isso ele permite que exista um reservatório de água não necessitando uma irrigação superficial.
2. Membrana de Absorção: ela tem a função a retenção de reter água e nutrientes para alimentar as raízes da vegetação de forma parcial. Possui espessura de 5mm, comprimentos de diversos tamanhos, visto que é comercializada em rolo, e largura de 2 metros.
3. Membrana anti raízes: essa membrana tem por finalidade proteger a impermeabilização das raízes, ela também é fornecida em rolo e sua composição é de polietileno de alta densidade (PEAD).
4. Substrato Leve Ecotelhado: ele é composto por materiais que são provenientes da indústria de reciclagem, possui compostos orgânicos e sintéticos. Sua função é a capacidade de retenção de água e nutrientes. O substrato é leve, o que garante que não ocorra sobrepeso à estrutura.

3.1.1.2 Descrição da Execução do Telhado Verde

Para a execução do Telhado Verde Laminar Médio alguns cuidados devem ser tomados. Para que possa ser criada a lâmina de água de até 50 l/m² o sistema deve ser instalado em lajes planas. A área de instalação do sistema deverá ser com perímetro fechado por uma mureta de no mínimo 15 cm. A laje deverá suportar o peso de 110kg/m², além disso, a laje plana e a mureta deverão estar impermeabilizadas (ECOTELHADO, 2023).

Para que se possa garantir um escoamento da água em excesso, é necessária a previsão de ralos ou buzinotes laterais (ladrões), localizados a 5cm de altura da parte superior da laje pronta (ECOTELHADO, 2023). Além disso, devem ser previstos pontos de irrigação para o sistema caso necessário, conforme demonstrado na figura 21.

Figura 22 – Detalhe Dreno para escoamento de água do sistema Laminar Médio



(Fonte: Ecotelhado,2023)

Abaixo serão descritos os passos para a instalação do sistema e podem ser analisados na figura 22 (ECOTELHADO,2023)

1. Colocação do Módulo Piso nuvem sobre a laje impermeabilizada
2. Colocação da membrana de absorção sobre o Módulo Piso Nuvem.
3. Quando utilizado outro tipo de vegetação, colocar substrato antes, conforme espessura especificada.
4. Colocação da leiva de grama

Figura 23 – Detalhe dos materiais que compõem o sistema Laminar Médio



Após a instalação, alguns cuidados devem ser tomados de modo a garantir que a preservação da vegetação. É necessária a irrigação diária e abundante pelo período de 45 dias ou até que a vegetação esteja bem adaptada ao novo local.

Em períodos de estiagem é preciso um cuidado maior, nessas épocas é indispensável a irrigação, de modo a garantir que o reservatório inferior do sistema esteja sempre cheio.

3.2 ESCOLHA DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

De acordo com a definição de impermeabilização rígida e impermeabilização flexível, é possível determinar que o sistema de impermeabilização para a laje que irá receber o telhado verde é a impermeabilização flexível. Um dos motivos da escolha foi a variação térmica na qual a região está suscetível, dessa forma a laje sofre bastante dilatação térmica.

Dentre todas as opções de materiais para a impermeabilização flexível, presente trabalho foi escolhido o uso da Manta Asfáltica com uso prévio de um primer. A manta é adequada para impermeabilizar a laje tendo em vista que é necessária uma impermeabilização flexível para a base, dessa forma a manta asfáltica é a melhor opção para tal.

3.2.1 Camada de Regularização

A camada de regularização é feita com um material cimentício, dessa forma, para facilitar a execução e armazenamento de materiais, optou-se por utilizar uma argamassa de contrapiso pronta, disponibilizada em sacos de 50 kg com rendimento de 2,5 kg/m² e tempo de secagem de 72 horas. A camada dimensionada é de 5 cm. Além disso, por meio dela foi realizado o caimento para o ralo já instalado e o arredondamento dos cantos.

3.2.2 Primer

A função do primer é fazer a ligação das duas camadas de manta que serão executadas. Dessa forma será utilizado o primer líquido, disponibilizado em baldes de 18 litros com consumo de 0,4 litros/m²/demão.

3.2.3 Manta Asfáltica

A NBR 9952 (ABNT, 2014) – Manta Asfáltica para Impermeabilização garante que os fabricantes da manta asfáltica precisam dar cinco anos de garantia do produto.

A manta utilizada no projeto é a manta de 4mm, disponibilizada em rolo de 1 metro de largura por 10 metros de comprimento.

3.2.4 Proteção Mecânica

A camada de proteção mecânica é realizada de modo a proteger a impermeabilização frente à instalação do telhado verde. Ela foi realizada com argamassa comum e espessura de 2 cm.

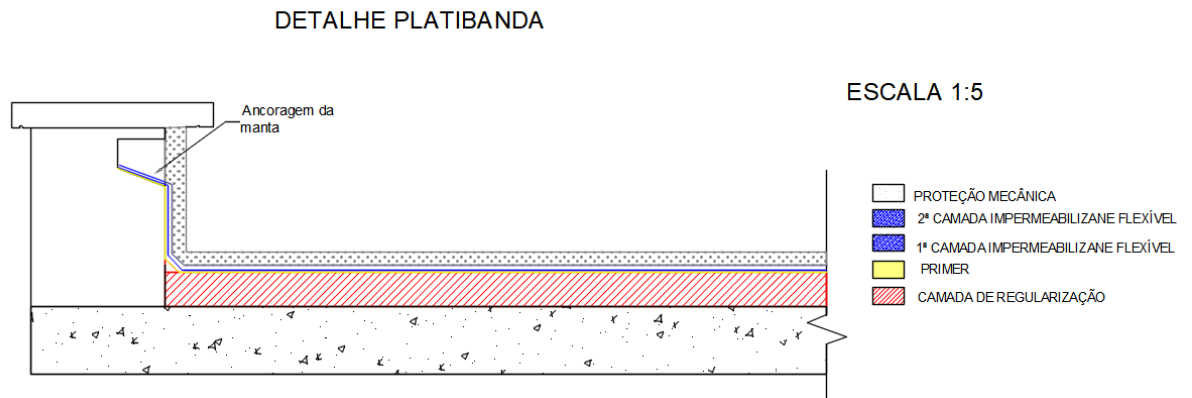
3.3 EXECUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE

Inicialmente será realizada a limpeza da laje para retirar impurezas presentes na mesma. Após deve-se realizar a camada de regularização com a argamassa de contrapiso com traço 1:3. Após 72 horas de secagem da camada de regularização serão executados os arredondamentos dos cantos da laje, eliminando os cantos vivos. Tal serviço será executado com uma peça triangular de madeira e chumbado nos cantos de modo a não se movimentar.

O próximo passo é a limpeza da superfície para a aplicação do primer. Sua aplicação será feita com um rolo. Serão aplicadas duas demãos de primer com tempo entre demãos de 3 horas de acordo com dados do fabricante.

Após a secagem do primer, será posicionada a manta realizando sobreposição lateral de 10 cm entre um rolo e outro. Assim, com o auxílio de um maçarico será realizada a colagem da manta na base. Serão executadas duas camadas de manta sobre a laje. Importante ressaltar que foi considerada uma ancoragem de 50 cm na parede da platibanda para garantir que o telhado verde não danifique a mesma. Para garantir a efetiva qualidade da impermeabilização, é preciso realizar o teste de estanqueidade previsto na NBR 9574 (NBR 9574, 2008). Com isso, pode-se executar a camada de proteção mecânica com argamassa de contrapiso pronta de modo a proteger a impermeabilização frente à instalação do telhado verde. Na figura 23 está detalhado o corte do sistema de impermeabilização com o detalhe da ancoragem da manta.

Figura 24 – Detalhe do corte do sistema de impermeabilização



(Fonte: elaborado pela autora)

4 ORÇAMENTAÇÃO DO SISTEMA

A orçamentação do sistema foi realizada em duas etapas. A primeira foi a solicitação do orçamento para a empresa de Porto Alegre na qual o trabalho foi baseado e que detém a patente do modelo de telhado verde escolhido para a obra. Já a orçamentação da impermeabilização, desde valores de insumos até valores de mão de obra, foi realizada na cidade de Encantado/RS, local da instalação do sistema. Além disso, para contabilização do tempo para a execução da impermeabilização, foi utilizada a tabela do SINAPI (2023).

4.1 ORÇAMENTO TELHADO VERDE

O orçamento do telhado verde foi realizado considerando a utilização do Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas. O orçamento detalhado está na Tabela 1.

Tabela 1 – Orçamento do Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas.

Orçamento Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas		
Especificação	Unidade	Quantidade
Membrana Antiraízes Ecotelhado - Lona Megaplast P(4,00X100,66kg) (0,17kg/m ²)	29	m ²
Piso Nuvem 40x40x7 cm	155	pç
Bidim Dreno 2x30x200 RT09 - LAGO/TELHADO	27	m ²
Composto orgânico (sacos de 36l - 25 kg)	864	l
Membrana Fag14 (Feltro Vegetado com Boldo Chileno) - Peça de 0,75x2,00 = 1,5 m ²	24	m ²
Forth gel Balde 12 kg	1	kg
Porta tampa para caixa sifonada PVC BR 250mm ESG CLASSE 8	1	pç
Tampa cega redonda PVC BR 250mm ESG CLASSE 8	1	pç
Tubo 250mm esgoto classe 8	0,12	m
Argila Expandida 1506 p/ Hexa	9	l
CUSTO TOTAL	R\$ 6290,71	

(fonte: elaborada pela autora)

É possível notar a partir do detalhamento do orçamento a necessidade da utilização de alguns produtos como a membrana anti-raízes, já citada anteriormente, que tem a função de proteger a impermeabilização de possíveis danos pelo crescimento das raízes, além disso, o Forth gel Balde 12 kg é um polímero superabsorvente que reduz a rega e possui capacidade de

retenção de água, além da função de reduzir a lixiviação, ou seja, auxiliar na diminuição do processo de retirada dos nutrientes por meio da entrada de água no solo. Além disso, a membrana Fag 14 é a vegetação que a empresa utiliza. Ela pode ser analisada nas figuras 23 e 24. Outrossim, todos os elementos hidráulicos presentes na proposta possuem a função de dar suporte ao sistema de drenagem, como pode ser visto na figura 25.

Figura 25 – Membrana Fag 14



(Fonte: Ecotelhado,2023)

Figura 26 – Detalhe da Membrana Fag 14



(Fonte: Ecotelhado,2023)

Figura 27 – Detalhe Materiais Hidráulicos da proposta.



(Fonte: Ecotelhado,2023)

Por fim, a empresa – que possui mão de obra própria e executa o serviço de instalação - orçou o custo para a instalação em Encantado/RS, descrito na Tabela 2. Valor incluído encargos sociais.

Tabela 2 – Orçamento da instalação do Sistema Laminar Médio com vegetação rústica e gramíneas.

Custo da mão de obra da empresa	Valor/m²
Mão de obra/ m ²	RS 40,00
CUSTO TOTAL para 24 m²	R\$ 960,00

(fonte: elaborada pela autora)

Por fim, foi estimado o frete de todos os materiais para a cidade de Encantado/RS em R\$ 1000,00. A cidade localiza-se a 150 km de Porto Alegre, resultando em aproximadamente R\$ 6,90 por km. Além disso, foi estimado o valor de R\$ 300,00 do aluguel da máquina para movimentação vertical dos materiais de um prestador de serviço local.

4.2 ORÇAMENTO IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE

Para a realização do orçamento da impermeabilização da laje, foram considerados valores médios dos insumos e serviços da cidade de Encantado. Para a cotação dos materiais, foi realizada a consulta em três lojas de materiais de construção diferentes, com isso, utilizou-se o

valor médio dentre os três. Para a mão de obra foi consultado o valor médio do serviço por hora na cidade já considerando encargos sociais. Além disso, para o cálculo da mão de obra foi utilizada a tabela SINAPI (2023)

Tabela 3 – Orçamento da Impermeabilização da Laje – valores globais

Impermeabilização da Laje materiais e preços			
Especificação	Custo	Unidade	Consumo
Manta asfáltica 4mm	R\$ 60,00	m ²	
Primer	R\$ 240,00	l	0,4 litros/m ² /demão
Argamassa contrapiso	R\$ 30,00	kg	2,5 kg/m ²
Areia	R\$ 165,00	m ³	
Cimento	R\$ 45,00	kg	
Pedreiro	R\$ 28,00	hora	
Servente de Pedreiro	R\$ 19,00	hora	

(fonte: elaborada pela autora)

4.2.1 Quantidade de materiais

A seguir estão detalhados os cálculos para a obtenção da quantidade de material necessário.

4.2.1.1 Camada de Regularização

Para a camada de regularização de 5 centímetros foi considerado o traço de 1:3, produzido manualmente em betoneira de 250 litros. Dessa forma, de acordo com o traço escolhido seriam necessários 7,2 sacos de cimento, no entanto para fins de orçamento serão considerados 8 sacos de cimento. Já para a areia serão necessários 1,29 m³ de areia, dessa forma para fins de compra serão considerados 1,30 m³ de areia.

Para a mão de obra da execução da camada regularizadora foram utilizados os valores da tabela do SINAPI com os coeficientes descritos por m² de contrapiso, resultando em um total de 6 horas e 50 minutos de pedreiro e 3 horas e 25 minutos de servente de pedreiro. Orçamento detalhado na Tabela 4.

Tabela 4 – Orçamento da Camada de Regularização Mecânica

Regularização Mecânica Argamassa 1:3		
Especificação	Quantidade	Horas de Pedreiro
Cimento	8 sacos	
Areia	1,30 m ³	
Pedreiro		6 h 50 min
Servente de Pedreiro		3 h 25 min

(fonte: elaborada pela autora)

4.2.1.2 Primer

Para o primer (Tabela 5) foi quantificado duas demãos do produto na laje de modo a garantir uma boa aderência da manta. A quantidade de primer foi calculada de acordo com as dimensões da laje, duas camadas de aplicação e a ancoragem de 50 cm considerada. Dessa forma, como as dimensões da laje são 6 metros de comprimento e 4 metros de largura, serão 24 m² da laje mais 10 m² da ancoragem. Assim, considerando o consumo de 0,4 litros/m²/demão e o total de duas demãos, serão necessários 27,2 litros de primer. A quantidade de mão de obra para aplicação do primer está somada a mão de obra de execução da manta asfáltica e está detalhada na Tabela 6.

Tabela 5 – Orçamento do Primer

Primer	
Especificação	Quantidade
Primer	2 baldes de 18 litros

(fonte: elaborada pela autora)

4.2.1.3 Manta Asfáltica

Para o cálculo da manta asfáltica (Tabela 6) foram consideradas duas camadas de manta com transpasse de 10 cm e 50 cm de ancoragem na platibanda. Assim, como são 24 m² de superfície da laje e 10 cm de transpasse, para as duas camadas será necessário um total de 72,8 m² de manta asfáltica. A mão de obra foi quantificada de acordo com a tabela SINAPI (2023), e os seus coeficientes, onde está incluído o valor da aplicação do primer. Assim, resultando em um total de 50 horas de pedreiro e 10 horas e 10 minutos de servente de pedreiro.

Tabela 6 – Orçamento do Manta Asfáltica

Manta Asfáltica 4mm		
Especificação	Quantidade	Horas de Pedreiro
Manta Asfáltica 4mm	8 rolos	
Pedreiro		50 h
Servente de Pedreiro		10 h 10 min

(fonte: elaborada pela autora)

4.2.1.4 Proteção Mecânica

A proteção mecânica servirá de proteção para a impermeabilização e será executada com argamassa de contrapiso pronta industrializada ensacada, disponibilizada em sacos de 50 kg e espessura de 2 cm. Considerando um consumo de 17 kg por metro quadrado por centímetro de contrapiso, serão necessários 816 kg de argamassa pronta, transformando para sacos de 50 kg obtém-se o valor de 16,32 sacos de argamassa de contrapiso. Assim, para fins de compra, serão considerados 17 sacos de argamassa. O cálculo da mão de obra foi retirado da tabela SINAPI (2023) resultando em um total de 12 horas e 40 minutos de pedreiro e 6 horas e 25 minutos de servente de pedreiro.

Tabela 7 – Orçamento da Proteção Mecânica

Proteção Mecânica		
Especificação	Quantidade	Horas Pedreiro
Argamassa de contrapiso	17 sacos de 50 kg	
Pedreiro		12 h 40 min
Servente de Pedreiro		6 h 25 min

(fonte: elaborada pela autora)

4.2.2 Orçamento da Impermeabilização

Na Tabela 8 está especificado o custo total do sistema de impermeabilização.

Tabela 8 – Custo Total do Sistema de Impermeabilização

Custo total da Impermeabilização da Laje		
Especificação	Quantidade Total	Custo Total
Camada de Regularização	Areia + cimento	R\$ 574,50
Primer	2 baldes	R\$ 480,00
Manta Asfáltica 4 mm	8 rolos	R\$ 5200,00
Proteção Mecânica	17 sacos	R\$ 510,00
Pedreiro	70 horas	R\$ 1960,00
Servente de Pedreiro	20 horas	R\$ 380,00
Custo Total		R\$ 8762,50

(fonte: elaborada pela autora)

4.3 CUSTO TOTAL DO SISTEMA

O custo total do sistema será a soma do custo disponibilizado pela empresa do telhado verde somado com o valor da impermeabilização. Dessa forma, o custo do sistema é de R\$ 17313,21 resultando em R\$ 721,38 por metro quadrado para o sistema de telhado verde mais a impermeabilização, incluindo mão de obra com encargos sociais dos dois sistemas, apresentado na Tabela 9. Considerando apenas o custo da impermeabilização isso gera um custo de R\$ 365,11 por metro quadrado, além disso considerando apenas o sistema de telhado verde o custo por metro quadrado resulta em R\$ 356,30 reais.

Tabela 9 – Custo Total

Custo total do Telhado Verde + Impermeabilização	
Especificação	Custo
Telhado Verde	R\$ 8550,71
Impermeabilização	R\$ 8762,50
TOTAL	R\$ 17313,21

(fonte: elaborada pela autora)

5 AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA A SER CAPTADA

Os sistemas de telhados verdes disponibilizados pela empresa possuem a capacidade de armazenamento de água para auto irrigação e uso do excedente. O Sistema Laminar Médio tem a capacidade de captar até 50 litros/m². Dessa forma, a capacidade de armazenamento de água do sistema na laje pode chegar até 1200 litros. Caso exista excedente de água, o cliente pode prever uma cisterna para armazenamento da água para uso no jardim, hortas e afins. Inclusive é necessária a previsão de uma irrigação para a rega inicial e para manutenção do telhado verde caso ocorra um período de estiagem. No local já está executado uma tubulação que possibilita irrigação do telhado verde.

Alguns sistemas possuem maior capacidade de captação de água que o Sistema Laminar Médio, como a Bacia de Detenção que pode captar até 100 litros/m² e o Sistema Laminar Alto pode captar até 160 litros/m². Dessa forma, caso seja realizado um reforço estrutural na laje para suportar o peso da Bacia de Detenção ou do Sistema Laminar Alto, seria possível captar respectivamente, até 2400 litros e 3840 litros de água.

Com a implementação do sistema, o excedente de água pode ser utilizado para fins não potáveis como limpeza de calçadas, rega de jardins e hortas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho teve por objetivo entender o uso de telhados ecológicos e armazenamento de água por meio da utilização de telhados verdes e compatibilizar com um projeto existente. A pesquisa se deu por meio de revisão bibliográfica, possibilitando o detalhamento do sistema de telhado verde e sua orçamentação para uma residência na cidade de Encantado (RS).

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível notar a vasta quantidade de sistemas de telhado verde e suas possibilidades de captação de água da chuva. Todavia, é de suma importância especificar a execução de um sistema de impermeabilização adequado para a estrutura na qual o telhado será inserido. Além disso, é necessária a observação da carga máxima suportada pela estrutura na qual o sistema estará apoiado. Existem diversos tipos de telhados verdes, nos quais o aumento da sobrecarga não possui um valor muito alto, no entanto, a captação de água não atinge um grande volume.

Conforme apresentado no trabalho, a escolha do sistema que foi orçado levou em consideração a capacidade de armazenamento de água juntamente com o peso do sistema considerando a lâmina de água. Não houve a necessidade da realização do projeto do telhado verde, visto que a empresa fornecedora já disponibiliza o detalhamento e a quantificação do sistema escolhido. Dessa forma, foi realizada a compatibilização entre projetos.

Foi possível constatar, a partir da pesquisa sobre os sistemas de telhado verde, como são benéficos ao meio ambiente, diminuindo os impactos gerados pela construção civil, inclusive possibilitando um melhor desempenho térmico do sistema de cobertura. Dependendo do sistema escolhido pode ser captada uma certa quantidade de água além do necessário para auto irrigação do telhado. O excedente dessa água pode ser utilizado na rega de plantas ou limpeza de calçadas dentre outros usos. Todavia, o custo para sua implementação possui um valor total elevado.

Assim, o uso de telhados classificados como ecológicos denominados telhados verdes pode ser uma alternativa para diminuir os impactos gerados pela construção civil e torná-la mais sustentável. Pelo orçamento realizado neste trabalho encontrou-se o valor de R\$ 721,38 por metro quadrado, nesse valor está incluso todos os componentes do sistema, desde o telhado verde até a impermeabilização necessária para sua instalação. Outros sistemas de cobertura existentes no mercado da construção civil apresentam custos menores desincentivando a adoção

do uso de telhado verde. Um incentivo na adoção deste tipo de solução implicaria em uma redução desse custo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, S. R. de. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. Rio de Janeiro, 2007. Acesso em 23 de janeiro 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: “Edificações habitacionais — Desempenho”. Rio de Janeiro, 2021. Acesso em 15 de março de 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014. Acesso em 17 de março de 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010. Acesso em 18 de março de 2023.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. *Cerâmica*, [s.l.], v. 61, n. 358, p.178- 189, 15 abr. 2022. FapUNIFESP (SciELO). Acesso em 20 de dezembro de 2022.
- BUTZKE, V. I. **Estudo comparativo entre argamassa impermeabilizante flexível e manta asfáltica para impermeabilização**. Porto Alegre, 2020. Acesso em 12 de janeiro de 2023.
- COSTA, A; POLETO, C; COSTA, . **Telhado Verde: Redução e Retardo do escoamento Superficial**. 2012. 7 f. REA – Revista de estudos ambientais (Online) v. 14, n. 2. Acesso em 14 de janeiro de 2023.
- DE JESUS, L.M.S. **Telhado verde “revisão bibliográfica”**. Cruz das Almas, Bahia, 2018. Acesso em 14 de janeiro de 2023
- ECOTELHADO, 2023. Disponível em: <https://ecotelhado.com/>. Acesso em 14 de novembro de 2022.
- GERTZ, L.E.D. **Cobertura Vegetal em Telhados: Análise dos Aspectos Construtivos em Edificação no Município de Nova Petrópolis/RS**. Porto Alegre, 2014. Acesso em 20 de fevereiro de 2023.
- HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. 2008. Belo Horizonte, 2008. Acesso em 13 de fevereiro de 2023.
- JOBIM, A.L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. Santa Maria, 2013. Acesso em 18 de fevereiro de 2023.
- LEONARDO, H.R.A.L. **Desempenho de telhados ecológicos em área urbana**. Recife, 2021. Acesso em 17 de janeiro de 2023.
- MINKS, V. **A rede de design verde urbano – uma alternativa sustentável para megacidades?**. São Paulo, 2013. Acesso em 23 de março de 2023.
- MORAES, M.F. **Telhados Verdes: Uma análise comparativa de custos e vantagens em relação aos telhados convencionais**. Porto Alegre, 2013. Acesso em 15 de abril de 2023.

NICOLĂESCU, E.; ALPOPI, C.; ZAHARIA, C. **Measuring Corporate Sustainability Performance. Sustainability**, v. 7, n. 1, 2015. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

OLIVEIRA, E.W.N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. Rio de Janeiro, 2009. Acesso em 22 de dezembro de 2022.

ROCHA, R.S.T.M. **Desempenho térmico de telhado verde ecológico de baixo custo em clima semiárido**. Caruaru, 2020. Acesso em 13 de fevereiro de 2023.

ROLA, S.M. **A natureza como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: estudo da capacidade do sistema de natureza em filtrar a água de chuva**. Rio de Janeiro, 2008. Acesso em 19 de janeiro de 2023

ROSSI, A.P. **Projeto de Instalações de águas pluviais: utilização de telhados verdes**. Porto Alegre, 2014. Acesso em 16 de janeiro de 2023.

ROSSIGNOLO, J.A; FABRÍCIO, M.M. **Notas de aula da disciplina sap0653 - tecnologia das construções II**. São Carlos, 2007. Acesso em 03 de março de 2023.

SILVA, N.C. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. Belo Horizonte, 2011. Acesso em 02 de março de 2023.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). **Relatório de Insumos e Composições. Setembro/2021. Sem Desoneração**. Porto Alegre, RS: 2021b. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556. Acesso em: 15 de julho de 2023

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). **Referências de preços e custos**. Porto Alegre, RS: 2021a. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. . Acesso em: 15 de julho de 2023

ULCHAK,G;AYOUB, J; OLIVEIRA M. **Sustentabilidade na construção civil: telhado verde e seus benefícios nas áreas urbanas**. São Luís, 2020. Acesso em 14 de fevereiro de 2023.

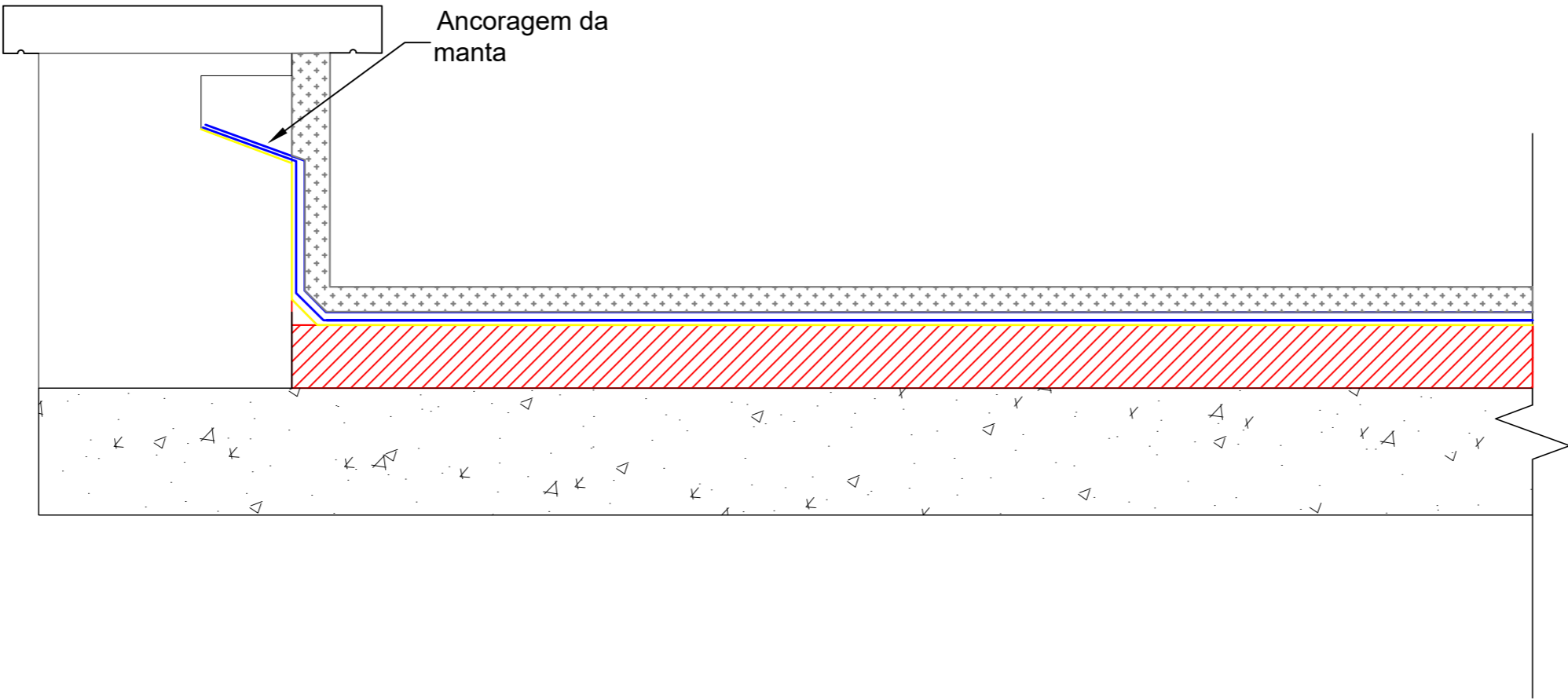
UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. **Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World. The Global Compact**, [S. l.], 2004. Acesso em 13 de março de 2023.

VAN DER RYN, S; COWAN, ST. **Ecological Design**. Island Press, 1996, p.18. Acesso em 15 de fevereiro de 2023.






WCED. **World Commission on Environment and Development: our common future**. Oslo: WCED, 1987. Acesso em 14 de março de 2023.

APÊNDICE A

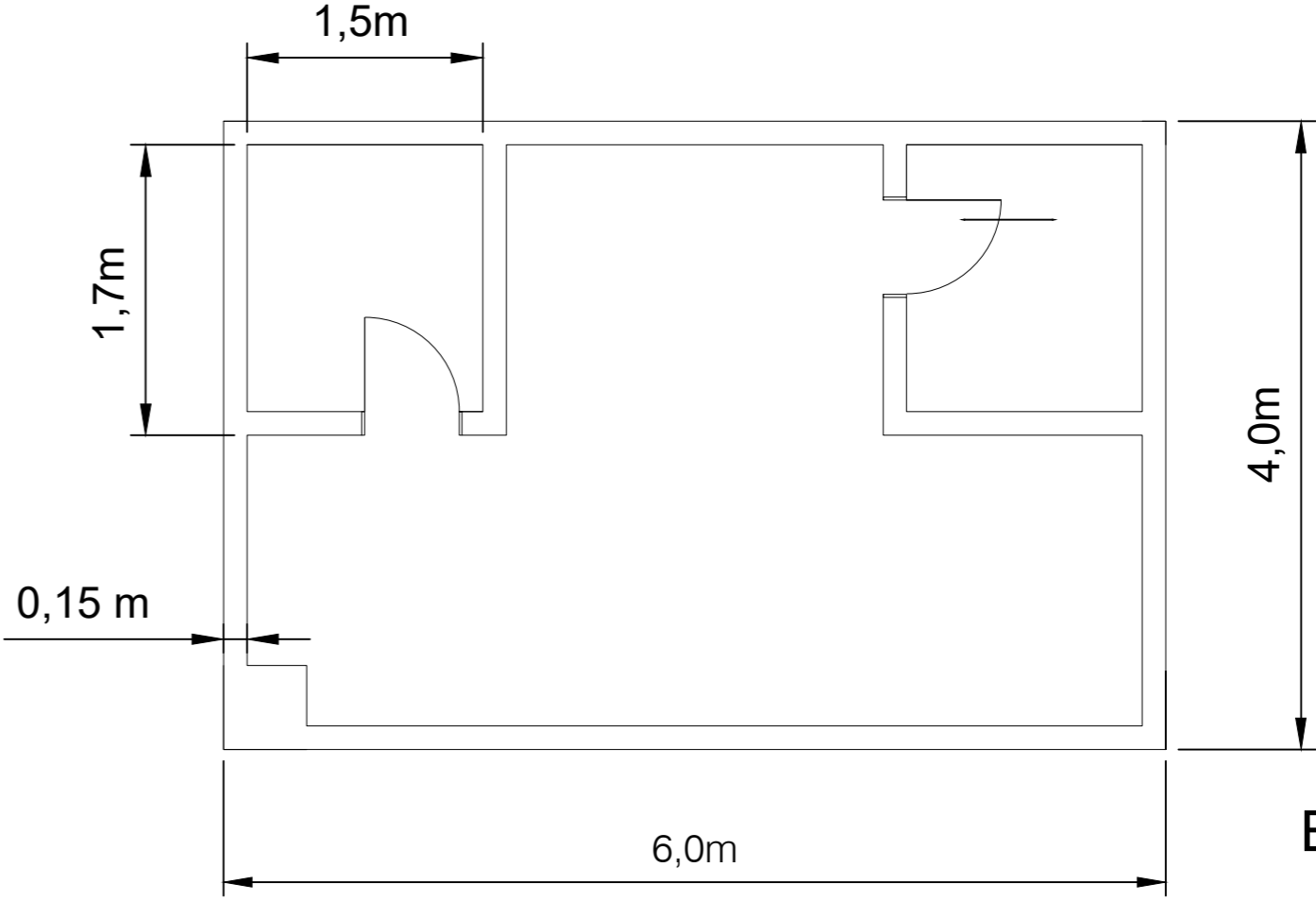
DETALHE PLATIBANDA



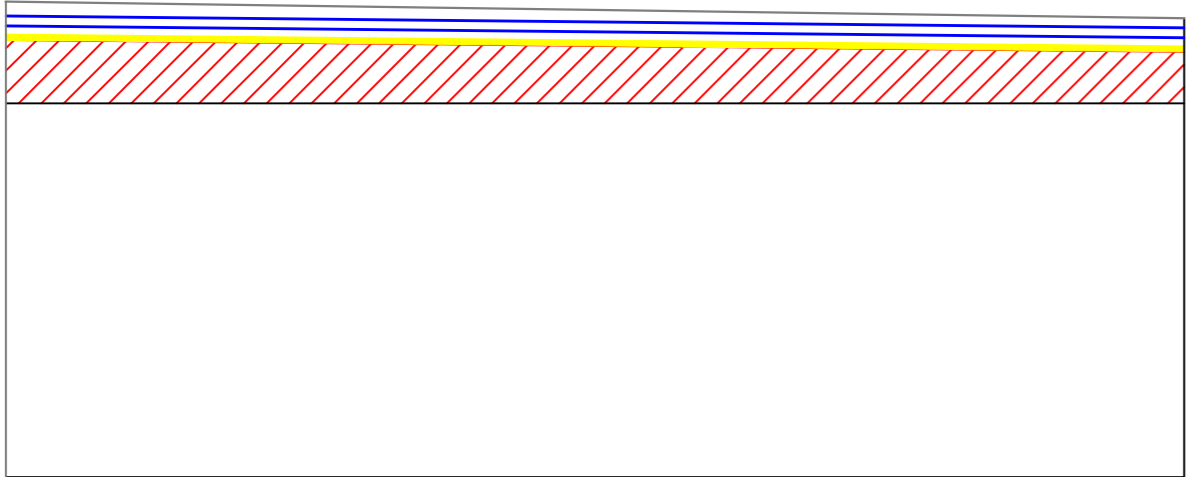
ESCALA 1:5






-  PROTEÇÃO MECÂNICA
-  2ª CAMADA IMPERMEABILIZANTE FLEXÍVEL
-  1ª CAMADA IMPERMEABILIZANTE FLEXÍVEL
-  PRIMER
-  CAMADA DE REGULARIZAÇÃO

PLANTA BAIXA ANEXO



ESCALA 1:5



-  PROTEÇÃO MECÂNICA
-  2ª CAMADA IMPERMEABILIZANTE FLEXÍVEL
-  1ª CAMADA IMPERMEABILIZANTE FLEXÍVEL
-  PRIMER
-  CAMADA DE REGULARIZAÇÃO

DETALHE DO CORTE DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO ESCALA 1:3