CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS
ĂNIMA EDUCAÇÃO
ÉLEN ZATTI

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TELHADO VERDE COMO SOLUÇÃO A INFILTRAÇÃO EM LAJES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIAR

Porto Alegre
2023

ÉLEN ZATTI

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TELHADO VERDE COMO SOLUÇÃO A INFILTRAÇÃO EM LAJES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIAR

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Uniritter, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: MSc. Carlos Henrique Pereira Assunção Galdino

Porto Alegre, RS, 16 de junho de 2023.

Professor e Orientador Carlos Henrique Pereira Assunção Galdino, MSc
Centro Universitário Ritter dos Reis

Porto Alegre
2023

Dedico o presente trabalho a minha família que sempre me deu todo apoio para que esse sonho se tornasse possível, e a todos que acreditaram em mim e fizeram força para eu chegar onde eu estou, em especial ao Prof. Carlos Henrique Pereira Assunção Galdino que esteve presente semana a semana me auxiliando até a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado do início ao fim, guiando meus passos me abençoando em todos os momentos, sendo eles, difíceis ou fáceis. Para que a conclusão deste trabalho fosse desenvolvida com sucesso.

Dedico este trabalho aos meus pais Aldair Zatti e Lurdes Zatti, que sempre investiram, apoiaram, e acreditaram em mim para que esta jornada acadêmica se tornasse real. Estavam ao meu lado em todos os momentos apoiando toda e qualquer decisão que eu viesse a tomar para que me tornasse uma profissional, e agora, posso retribuir com gratificação todo esforço e devoção que colocaram em mim. Dedico tambem estre trabalho ao meu irmão Jonatan Zatti que sempre me apoiou e acreditou que eu alcançaria todos os meus objetivos, bem como os demais familiares que acreditaram no meu potencial de que esse sonho se tornaria real.

Dedico tambem este trabalho ao meu esposo Eleandro Ortiz Gehlen, que juntamente com os meus pais investiu em mim e acreditou no meu potencial. Nos momentos de angustia e felicidade esteve ao meu lado para me apoiar, quando o desespero das provas e trabalhos batia estava ali para dizer que no final tudo ficaria bem e quando a tempestade passava comemorávamos o objetivo alcançado. Sempre foi meu braço direito, nunca desacreditou na profissional que eu me tornaria mesmo quando a incerteza me pegava e dava vontade de desistir de tudo. Suas palavras, carinho, seus conhecimentos de construção civil sempre fizeram total diferença em minha vida e jornada acadêmica, e hoje amor estamos aqui para comemorar juntos esta jornada de 6 anos e meio que está chegando ao fim, na qual você esteve presente desde o começo passando todos os perrengues e conquista comigo, obrigado por tudo. Te amo.

Aos meus amigos Mônica Moraes de Figueiredo e Leonardo Santos da Rocha que sempre estiveram comigo nesta caminhada, sempre compartilhando conhecimentos e aprendizados e se ajudando quando um ou outro tinha dificuldade em alguma etapa. Em especial a Mônica que começou a graduação junto comigo e em determinada altura nos separamos pelas engenharias serem diferentes, já se pegamos pensando será que em algum momento iremos nos formar e o sonho que lá em 2017 era tão distante hoje está sendo realizado, e com muita gratificação vamos conseguir se formar juntas. Foram muitas angustias, incertezas, felicidades,

conquistas acadêmicas e de vida juntas que se tornou em uma grande amizade, obrigado por tudo.

Aos professores que participaram da minha grade curricular, fazendo parte da formação da profissional que me tornei, em especial so Prof. MSc. Carlos Henrique Pereira Assunção Galdino, meu orientador, com quem compartilhei todas as minhas dúvidas e incertezas desde trabalho, tendo sempre seu apoio, motivação e ensinamentos, que foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Em memória ao Professor e Doutor José Antônio Colvara que além de um grande professor, foi uma grande pessoa, ao longo da vida acadêmica nos passou muitos conhecimentos e experiências, sempre que um aluno precisasse de sua ajuda estava de prontidão para desempenhar seu papel da melhor forma possível, foi um pilar importante na formação da maioria de nós. Sentiremos sua falta.

RESUMO

O presente trabalho se trata de uma análise da viabilidade da instalação de telhado verde em uma residência unifamiliar, localizada em Alvorada, no Rio Grande do Sul. Na estruturação da proposta, foram avaliados os benefícios da implementação da técnica do telhado verde, para solucionar um problema real, numa edificação unifamiliar. Na referida edificação existe uma laje que possui uma infiltração pela qual recebia uma carga superior de chuva para qual foi projetada, que pode ser calculada obtendo a vazão total que a laje recebe, intensidade de chuva, e outras variáveis de projeto, no qual a técnica implementada consistiu em dividir as contribuições que chegam na laje através dos calculos de redução da vazão. Para melhorar o sistema da laje, foi proposto um telhado verde para combater a infiltração, pois o mesmo possui um sistema de impermeabilização, e também acaba reduzindo uma parte da lâmina de água que vai para os coletores públicos, amenizando a vazão dos mesmos, bem como trazendo conforto térmico para a residência, além disso foi necessário a instalação de uma calha para conter o excesso de chuva do telhado que caia sobre a laje. Com uma abordagem mais sustentável, solucionando o problema, os resultados apresentados, trouxe uma redução de 42,65% demonstrando que com um melhor reajuste do que poderia estar sendo implementado e com a técnica do telhado verde, existe um grande potencial de não só redução na lâmina de água, mas de resolver o problema de infiltração, trazendo também benefícios para o meio ambiente como um todo. Foram feitos orçamentos para essa implementação, onde é comparado o orçamento de uma empresa local, com a tabela da SINAPI. O orçamento local teve um custo mais elevado, pois por ser uma técnica que o mercado brasileiro ainda está se adaptando, não há tanta concorrência, então quem tem mão de obra qualificada, põem o seu preço para executar. Tendo um custo para implementação de R$ 5.543,80 custando aproximadamente 44,28% mais do que o proposto pela SINAPI de R$ 3.842,20 onde para ambos foi utilizado a grama esmeralda como vegetação implantada no projeto.

Palavras-chave: Telhado Verde. Drenagem. Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Os Jardins Suspenso da Babilônia.....17
Figura 2: Telhado Verde Mc Donald's em Singapura. 18
Figura 3: Exemplo de Telhado Verde. 19
Figura 4: Camadas do Telhado Verde. 20
Figura 5: Telhado Verde Extensivo. 22
Figura 6: Telhado Verde Intensivo. 23
Figura 7:Telhado Verde Semi - Intensivo 23
Figura 8:Primeiro ônibus com Cobertura Verde em Nova York.....24
Figura 9:Diferença entre sistema de drenagem em telhado verde e telhado tradicional. 25
Figura 10:Fluxograma da metodologia implementada no estudo. 27
Figura 11:Bairro Jardim Algarve, características do bairro. 30
Figura 12:Pluviometria 31
Figura 13:Dados Climatológicos de Alvorada.....31
Figura 14: Laje onde será aplicado o Telhado Verde. 32
Figura 15:Planta Isométrica do Telhado. 33
Figura 16:Superfície Inclinada. 36
Figura 17:Superfície Plana. 37
Figura 18:Cenário atual (pré-projeto) da cobertura da edificação. Em vermelho está identificado o telhado com cobertura cerâmica que desagua a vazão coletada na laje identificada em azul.....41
Figura 19:Laje onde será aplicado o telhado verde. O retângulo em verde ilustra a posição. 42
Figura 20:Projeção de como ficará as camadas do telhado verde. 43
Figura 21:Medidas da calha. 44
Figura 22:Gráfico da Curva IDF. 46
Figura 23:Calha e condutor vertical. 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Tempo de retorno para projetos de Drenagem Urbana. 34
Tabela 2:Equações IDF recomendadas para Porto Alegre por bairro. 35
Tabela 3: Dimensão da calha em função do comprimento do telhado. 44
Tabela 4:Condutores Verticais. 44
Tabela 5:Orçamentos x Material x Custos.....52
Tabela 6:Comparativo de Orçamentos.....52
Tabela 7:Detalhamento de etapas do telhado verde, segundo SINAPI. 53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Camadas que compõem a aplicação do Telhado Verde. 21
Quadro 2:Caracteristicas dos tipos de Telhados Verdes. 24
Quadro 3:Vantagens e desvantagens da utilização do Telhado Verde. 26

LISTA DE EQUAÇÕES

Eq. 1: Vazão 36
Eq. 2: Área de Contribuição em Superficie Inclinada 36
Eq. 3: Área de Contribuição em Superficie Plana Horizontal 36
Eq. 4: Área Total 37
Eq. 5: Redução da Vazão 37
Eq. 6: Intensidade de chuva 45

Sumário

1 INTRODUÇÃO 14

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA 15

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA 15

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA 15

1.3.1 Objetivo geral 15

1.3.2 Objetivos específicos 15

1.4 JUSTIFICATIVA 16

2 REVISÃO DE LITERATURA 17

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO 17

2.2 CONCEITOS 19

2.2.1 Sistema construtivo do Telhado Verde 19

2.3 MANUTENÇÃO DOS TELHADOS VERDES 21

2.4 TIPOS DE TELHADOS VERDES 21

2.4.1 Cobertura Verde Extensiva 21

2.4.2 Cobertura Verde Intensiva 22

2.4.3 Cobertura Verde Semi – Intensivo 23

2.4.4 Ônibus com cobertura verde 24

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE TELHADO VERDE 25

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 27

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 27

3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS 28

3.2.1 Definição operacional das variáveis 28

3.2.2 Técnicas para a coleta de dados 29

3.2.3 Descrição dos instrumentos utilizados 29

3.3 ÁREA DE ESTUDO 30

3.3.1 Características da Habitação 31

3.4 CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO.....33

3.2.1 Tempo de retorno (Tr).....33

3.2.2 Tempo de Concentração (Tc).....34

3.2.3 Curva de Intensidade duração frequência (IDF) de Porto Alegre.....34

3.2.4 Vazão de projeto.....35

3.3 TELHADO VERDE.....37

3.3.1 Camada Impermeabilizante 38

3.3.2 Camada Drenante.....38

3.3.3 Camada Filtrante 39

3.3.4 Solos e Substrato.....39

3.3.5 Membrana de Proteção contra Raízes.....39

3.3.6 Vegetação 39

3.3.7 Manutenção 40

3.5 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS.....40

3.6 CENÁRIOS DE PROJETO.....40

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....45

4.1 PLUVIOMETRIA.....45

4.2 CURVA DE INTENSIDADE DURAÇÃO FREQUÊNCIA (IDF) DE PORTO ALEGRE.....45

4.3 VAZÃO DE PROJETO 46

4.3.1 Cenário de pré-projeto.....46

4.3.2 Cenário pós-projeto 47

4.3.3 Cálculo da redução da vazão 49

4.4 CALHA PARA O TELHADO CERÂMICO.....50

4.4.1 Dimensionamento da Calha e Condutores Verticais.....50

4.5 TELHADO VERDE.....51

4.6 CUSTO DO SISTEMA E INSTALAÇÃO.....51

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 54

REFERÊNCIAS.....56

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Cadorin e Mello (2011), com o crescimento urbano acelerado, o solo tem se tornado um recurso secundário, não levanto em conta o potencial do seu uso, provocando excessos de superfícies impermeabilizadas de tal forma que a água da chuva não tem por onde se infiltrar, assim, aumentando os riscos de erosão, deslizamento de solos, alagamentos de córregos e ruas.

O telhado verde é uma técnica utilizada na engenharia, sendo bastante usada em construções sustentáveis. Segundo Tassi et.al (2014), sua aplicação de maneira geral consiste em três camadas, sendo subdivididas em solo, vegetação e drenos, sobre uma estrutura com cobertura impermeável. Righi et.al (2016) caracteriza os telhados verdes como sendo pequenos pulmões para as grandes cidades, facilitando a circulação atmosférica, melhorando o clima, reduzindo consumo de energia no verão e isolando o frio no inverno, tendo em vista que a temperatura nesses telhados não passa de 25ºC e nos telhados convencionais pode chegar a 60ºC, em regiões de chuva intensa as áreas naturais podem reter de 15% a 70% do volume de águas pluviais.

O presente trabalho se trata de um estudo da aplicação de telhados verdes em uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Alvorada-RS. Conforme Souza et.al (2018), esta pesquisa tem como objetivo ampliar o conhecimento e a importância das práticas sustentáveis e a implantação do telhado verde em residências unifamiliares, de tal forma que, propagando a ideia, ajudaremos a diminuir os impactos que são causados pela impermeabilização do solo.

A metodologia utilizada para analise os dados, foi de forma sistêmica, procurando identificar conceitos que se relacionam com a área de estudo, desenvolvendo os conteúdos necessários, explicando fórmulas e conceitos, fazendo com que a compreensão do que é tratando no trabalho seja de entendimento compreensível.

O trabalho apresenta os tipos de telhados existentes, visto que no Brasil o telhado verde tem sido remetido apenas a paisagismo, e ele apresenta pontos de utilização bem mais importantes que apenas uma paisagem bonita. Ilustrando também o projeto de uma instalação do sistema mais adequado para a casa determinada. Analisando a viabilidade da instalação e os benefícios que serão obtidos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A tendência de projetos sustentáveis, que utilizam materiais ecologicamente corretos, é realidade em imóveis comerciais e residenciais. De acordo com Pasqualini et.al (2020), o crescimento da população, tem gerado impactos negativos no meio ambiente, fazendo com que seja necessário buscar recursos naturais, implantando-os na expansão da urbanização.

Os telhados ecológicos, podem oferecer inúmeros benefícios ao meio ambiente, e utiliza uma área que é frequentemente esquecida, o telhado, no lugar de telhas, usa-se vegetação natural. Sendo uma técnica construtiva pouco aplicada no Brasil, Sousa (2018) alega que desta forma começam a surgir leis de incentivo como uma forma de estimular a sua construção, assim, ganhando mais espaço no mercado.

Através do estudo da aplicação do telhado verde, o presente trabalho visa-se responder as seguintes questões: Quais benefícios da implementação da técnica de telhados verdes na solução de problemas de infiltração em residências unifamiliar?

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

No presente trabalho será realizado um estudo de caso, na cidade de Alvorada, Rio Grande do Sul, em uma residência unifamiliar, onde será analisado a aplicação de um telhado verde, analisando sua eficiência, seus usos, vantagens e desvantagens e o custo, para execução deste, utilizando artigos, livros e estudos já feitos sobre.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho consiste em analisar os benefícios em utilizar a técnica de telhados verdes como forma de solucionar problemas de infiltração em lajes de residências unifamiliar.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar as características do telhado, que será implementado o sistema de telhados verdes;
- Calcular chuva de projeto;
- Calcular vazão de projeto;

- Calcular redução da vazão após a implementação do telhado verde;
- Orçamento dos custos de implementação.

1.4 JUSTIFICATIVA

O telhado verde possui muitas vantagens, como redução de inundações, reaproveitamento de água da chuva, qualidade de vida, redução de temperatura, redução de ruídos, entre outras.

Segundo Souza (2021, p. 1) “Um telhado verde pode favorecer o bioma da região, atraindo bichinhos que podem tornar a vizinhança mais agradável e bonita.”

O telhado verde chega a reduzir em até 5°C a temperatura no alto de uma edificação, trazendo mais conforto para o ambiente.

Segundo Anversa (2020):

> Não se trata apenas de criar uma espécie de horta no telhado de concreto e plantar o que bem entender. Há muita tecnólogia por trás do telhado verde. Para que tudo isso funcione bem existe um processo bem desenhado de engenharia que garante o cuidado com a vegetação e a manutenção do local com o tempo. (ANVERSA, 2020, p. 1).

A ideia não é utilizar apenas para decorar o local, como uma espécie de vaso decorativo de plantas. O propósito é economizar energia e tornar a edificação mais sustentável e amigável ao meio ambiente. Fazendo com que ela de retornos ao proprietário além da belíssima aparência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O presente trabalhado tem como proposito, utilizar o telhado verde em residências unifamiliar como uma forma sustentável na engenharia. Neste capítulo, serão apresentados os conceitos de telhados verdes, sua origem e os diferentes métodos de construção existente, apresentando suas vantagens para a implementação.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Para tratarmos de telhado verde, devemos conhecer a história dessa técnica, analisando sua evolução e melhorias durante a evolução dos tempos. Observando a sua relevância, inserindo a natureza nas construções feitas pelo homem.

De acordo com Quintella (2012), os registros históricos mostram que o telhado verde surgiu em 600 a.C. na antiga Mesopotâmia (atual Iraque), ficou conhecido como “Jardins Suspensos da Babilônia” como mostra a Figura 1, eram conhecidos como Zigurates e o mais famoso era o Etemenanki, na Babilônia com 91m de altura e uma base de 91x91m. Nabucodonosor construiu para alegrar sua esposa que estava doente e sentia saudade das arvores da Pérsia.

Figura 1: Os Jardins Suspenso da Babilônia.

Fonte: Bezerra (2013).

Lopes (2014) enaltece que a cobertura verde não é uma inovação dos tempos atuais, mas já presente desde 4000 e 6000 a.C., e utilizado sobretudo em localidades

com invernos rigorosos, como. Escandinávia e Islândia, e em países quentes, como na Tanzânia.

Entre as principais espécies de vegetais que podem ser utilizadas, encontram-se plantas que normalmente exigem pouca água para sobrevier aos períodos de estiagens e que são capazes de se adaptar com as condições verificadas nos telhados, como a desnecessidade de ser aparadas. Tendo como início a sua utilização para luxo próprio sua evolução e utilização trouxe muitos benefícios para a sociedade.

O telhado verde é muito utilizado na Europa e América do Norte, recentemente tem ganhado espaço no brasil, como uma novidade de alta eficiência e baixo custo, e tem por objetivo:

> ...melhorar a qualidade de vida das pessoas que habitam as construções com esta cobertura e com o alto impacto ambiental positivo para a sociedade. (BENETTI,2013, p.1).

De acordo com Benetti (2013), os primeiros telhados verdes realizados no Rio Grande do Sul foram em Nova Petrópolis e Canela por volta do ano 2000.Com novas implantações a técnica vem sendo aperfeiçoada, incrementando novas tecnologias, fazendo com que sua instalação seja ainda mais visada.

Na Figura 2, podemos analisar que uma rede muito famosa de fastfood, já implementou esse sistema em sua loja, prezando pelo verde e o meio ambiente, incentivando o seu público a ajudar a natureza, e utilizando também o telhado para benefício próprio.

Figura 2: Telhado Verde Mc Donald's em Singapura.

Fonte: Jacques (2013).

2.2 CONCEITO DE TELHADOS VERDE

Também conhecido como jardim suspenso ou cobertura vegetal, de acordo com Corsini (2011) o sistema de telhado verde é caracterizado pela construção de uma camada vegetal, que pode ser feita com diversos tipos de vegetação, podendo ser construído em telhados ou até em lajes, apresentando camadas de drenagem e impermeabilização, deve ser feito um estudo para escolha da vegetação e o solo ideal para cada projeto, na Figura 3 temos um exemplo de telhado verde.

Figura 3: Exemplo de Telhado Verde.

Fonte: Arquimood (2015).

Esse sistema tem como vantagem a função de ser um excelente isolante térmico natural, além de ter efeito estético, ajudando a ter uma paisagem mais agradável para quem circula na cidade, como utilizar o telhado verde como uma área para lazer do próprio condomínio, além disso, ele tem um papel importantíssimo, de aumentar as áreas vegetativas das cidades, aumentando a qualidade do ar e reduzindo as ilhas de calor que se formam.

Sua utilização no Brasil, por não ser muito comum, ainda não apresenta uma normatização adequada para aplicação do sistema, apenas algumas cidades e estados, como Porto Alegre, Santa Catarina e Guarulhos na grande São Paulo, têm instruções e leis, que podem incentivar o implemento de coberturas verdes em edificações públicas e privadas.

2.2.1 Sistema construtivo do Telhado Verde

Do ponto de vista de Alberto (2013), as etapas de execução do telhado verde são divididas em: Impermeabilização da laje; Sistema de Drenagem; Preparo do solo;

Plantio da vegetação. Em Ferreira (2007) encontra-se o seguinte esclarecimento quanto a escolha do tipo de vegetação a ser usado no telhado verde:

> É importante uma prévia definição da vegetação a ser adotada, escolhendo espécies de pouco crescimento, que necessitem de pouco extrato vegetal e que sejam adaptadas ao clima da região, evitando dificuldades na manutenção. A empresa gaúcha Ecotelhado adota as espécies do gênero sedum da família das Crassulaceas por considerar adequadas já que o lento crescimento diminuiu a manutenção e que são resistentes as condições adversas. (FERREIRA,2007, p.8).

Tomaz (2008) conceitua que, as vegetações nos telhados verdes são executadas com uma inclinação próxima de 5º para que o escoamento da água não ocorra de forma rápida, telhados acima de 20º deve ser estudado outros métodos como barreiras ou estruturas diferentes, na Figura 4 tem-se um exemplo de como são as camadas do telhado verde para sua aplicação na estrutura.

Figura 4: Camadas do Telhado Verde.

Fonte: Arquitetura Sustentável (2017).

No Quadro 1 abaixo, está representado cada camada do telhado verde e suas respectivas funções, para realizar uma instalação correta.

Quadro 1:Camadas que compõem a aplicação do Telhado Verde.

Camada impermeabilizante: protege a laje contra infiltrações. Os materiais mais utilizados são betuminosos e sintéticos;
Membrana de proteção contra raízes: tem a função de controlar o crescimento das raízes;
Camada para captação de água (dreno): camada constituída geralmente de britas, argila expandida e seixos, com a função de drenar a água pluvial dando vazão a água excedente, além de agirem como filtro separando os poluentes. A espessura da camada varia entre 7 e 10 cm;
Camada filtrante: tem a função de reter partículas que seriam levadas pela chuva;
Solo e substrato: o solo deve estar em uma espessura suficiente para a troca de nutrientes e um balanceamento adequado da relação entre água e ar para as raízes;
Vegetação: a escolha das espécies de plantas depende do objetivo do telhado e o quanto este poderá receber de carga.

Fonte: Costa (2019).

2.3 MANUTENÇÃO DOS TELHADOS VERDES

Falando em telhados verdes, uma das preocupações que mais incomodam quem pensa em instalar esse sistema, é a possibilidade de vazamentos na impermeabilização, apesar de que atualmente existem muitos produtos para impermeabilização química e física da laje, para que seja evitado as possíveis infiltrações.

Na opinião de Trebilcock (1998), outros fatores que podemos incluir como manutenção destes telhados, são as técnicas utilizadas para irrigação, fertilização e a poda de raízes, Pouey (1998) alega que variam de acordo com as espécies plantadas, e o objetivo de cada projeto.

2.4 TIPOS DE TELHADOS VERDES

Os telhados verdes são classificados conforme o tipo de laje onde o sistema será instalado, possuem uma manta, substrato e vegetação, são instalados em coberturas planas ou inclinadas, com o propósito de oferecer benefícios socioeconômicos e ambientais (isolamento térmico, acústico, redução do escoamento superficial). Segundo Tacla (1984), o sistema construtivo é um conjunto de regras práticas, e resultados obtidos a partir da aplicação adequada em conjunto com materiais e mão-de-obra para executar uma construção ou parte dela.

Sendo assim, os telhados são divididos em extensivo, semi-intensivo e intensivo e classificados pelo tamanho da vegetação.

2.4.1 Cobertura Verde Extensiva

Ferraz (2012) conceitua, para cobertura verde extensiva, utilizamos as vegetações rasteiras, como, gramas e forrações com camada de substrato variável

entre 6 e 20 cm, podendo até ter uma inclinação estrutural limitada a 45º desde que haja uma malha estrutural. Segundo Silva (2011) são aplicados em ambientes visitados ou vistos por pessoas pela sua beleza refletida com um parque gramado, para IGRA (2012), é o telhado com menor custo e de fácil manutenção na Figura 5 pode-se observar como é a cobertura verde extensiva.

Figura 5: Telhado Verde Extensivo.

Fonte: Neto (2018).

De acordo com Tassi (2013), geralmente a água armazenada no substrato, drenagem entre outros métodos é suficiente para irrigação das plantas no telhado caso necessário, porém, pode ser projetado um sistema de irrigação para garantir a sobrevivência da vegetação quando houver períodos de estiagem. A escolha da vegetação adequada é importante, pois assim o sistema de irrigação pode ser dispensado, a não ser em climas extremos

2.4.2 Cobertura Verde Intensiva

Para cobertura verde intensiva, conforme a Figura 6 é utilizado vegetações de grande porte, como arvores e arbustos, com a finalidade ainda de proteger a cobertura de radiações ultravioletas aumentando a vida útil da cobertura. Por se tratar de uma vegetação mais pesada, requer uma maior frequência de manutenções. De acordo com Ferraz (2012) a sua cama de substrato varia entre 10 e 120 cm, e não devem ser executadas em telhados inclinados, somente em bases horizontais como a espessura do substrato é maior podem ocorrer deslizamentos.

Figura 6: Telhado Verde Intensivo.

Fonte: AT Arquitetura (2019).

No dizer de Tassi (2013) telhados intensivos na maioria das vezes necessita de irrigação, onde a água que fica retida na drenagem pode ser utilizada para esse fim na irrigação das plantas cultivadas.

> Telhados intensivos seriam indicados como melhor alternativa para o controle quantitativo do escoamento pluvial. No entanto, isso não é praticável na maioria dos casos, devido à sobrecarga exercida; além disso, não podem ser empregados em telhados inclinados e requerem uma manutenção comparável àquela empregada em jardins. (TASSI,2013, p.4).

2.4.3 Cobertura Verde Semi – Intensivo

Este tipo de telhado agrega aspectos dos telhados verdes intensivo e extensivo. Para cobertura verde semi-intensiva, utiliza-se as vegetações intermediarias, com arbustos médios, e camada de substrato entre 12 e 15cm. Quanto maior o substrato menor são as possibilidades de inclinação do telhado, como exemplo temos a figura 7, na qual foi criado uma horta com diferentes espécies de vegetais.

Figura 7:Telhado Verde Semi - Intensivo

Fonte: Sacramento (2020).

Para Igra (2012), contrastada as extensivas, a semi-intensiva necessita de maior manutenção o custo é mais caro e o peso é maior, entretanto pode ser realizado um paisagismo mais elaborado.

O Quadro 2, demonstra quais as características do telhado verde para que no momento de elaborar o projeto seja feita a escolha certa que melhor se adapte ao ambiente desejado para a implementação.

Quadro 2:Caracteristicas dos tipos de Telhados Verdes.

Itens	Telhado Verde extensivo	Telhado Verde semi-intensivo	Telhado verde intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	alto
Irrigação	Não	Periodicamente	regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do sistema	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
Peso	60 – 150 kg/m²	120 – 200 kg/m²	180 – 500kg/m²
Custos	Baixo	meio	alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Fonte: Silva (2011).

2.4.4 Ônibus com cobertura verde

De acordo com Rosa (2010), a natureza está se tornando ausente nas grandes cidades, a maior parte dos centros urbanos se constituem de concretos, ferro e asfalto. Temos como exemplo a cidade de Nova York que já não possui mais espaço para crescimento de áreas verdes, tendo em vista essa realidade o designer Marco Antonio Cosio criou o Bus Roots, o projeto surgiu para a competição conhecida como Design Wala Grand Idea Competition, com o objetivo de ajudar a diminuir as ilhas de calor, trazer a natureza as cidades e consequentemente melhor a qualidade de vida das pessoas, o ônibus conta com isolamento térmico e acústico além da absorção de CO2.

Figura 8:Primeiro ônibus com Cobertura Verde em Nova York.

Fonte: Rosa (2010).

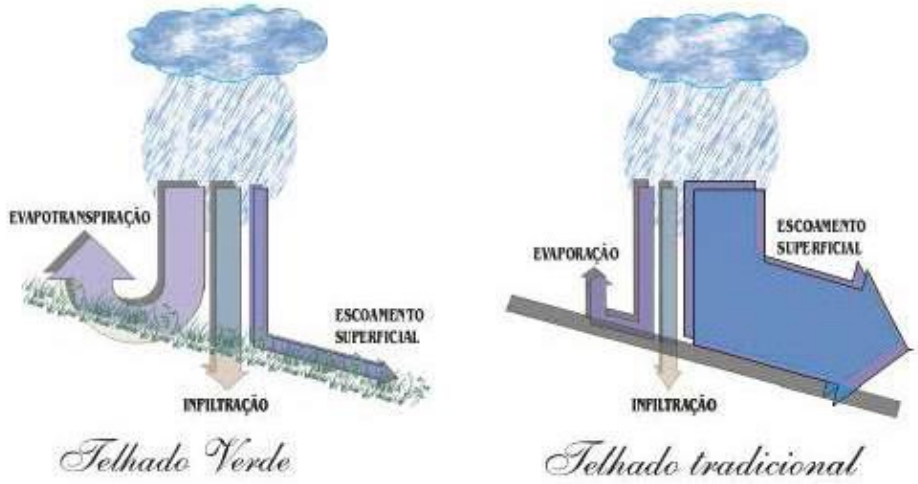
Ainda de acordo com Rosa (2010, p.1), “O intuito do designer é conseguir plantar, em média, 15 hectares de plantas em 4500 ônibus de Nova York. A área ocupada pelos jardins seria equivalente a quatro Bryant Parks localizado na mesma cidade”.

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE TELHADO VERDE

Para implantação do telhado verde são inúmeras as vantagens, uma das qualidades proposta é o visual natural que traz para o local, hortas urbanas e formação de microssistemas, retenção de água.

Na opinião de Aberto (2012), existe a possibilidade de produzir alimentos sobre os telhados verdes ajudando economizar combustível nos transportes de alimentos. Salienta-se ainda que, a água das chuvas fica retida e uma parte é evaporada. Abaixo a Figura 9 demonstra a diferença de drenagem entre o telhado verde e o convencional.

Figura 9:Diferença entre sistema de drenagem em telhado verde e telhado tradicional.



Fonte: Alberto (2012).

Rola (2008) caracteriza que o uso do telhado verde regenera a fauna e a flora no meio urbano atraindo novas plantas. Reduz gastos de energia elétrica, melhorando o conforto térmico e diminuindo os gastos de resfriamento no ambiente, é importante ressaltar que as coberturas verdes atraem e absorvem a poluição da superfície em suas folhas, com isso, o ar fica mais limpo e saudável.

Costa e Poleto (2012, p. 5) conceituam que o uso dos telhados verdes contribui para “...retenção e retardo da vazão da água de chuva, servindo, então, como uma forma de minimizar o risco de inundações.”

Dentre os amplos argumentos positivos, devemos analisar as desvantagens como o alto custo inicial do projeto comparado aos telhados convencionais, pois de acordo com Luciano (2020) o custo médio do sistema é de R$225 m² com vegetação e substrato.

Conforme o Quadro 3, com inúmeras vantagens favoráveis, para o bom funcionamento do telhado verde é essencial ter cuidados com o material que será utilizado, mão-de-obra contratada afinal o telhado é uma parte importante e se instalado de forma incorreta pode gerar problemas.

Quadro 3:Vantagens e desvantagens da utilização do Telhado Verde.

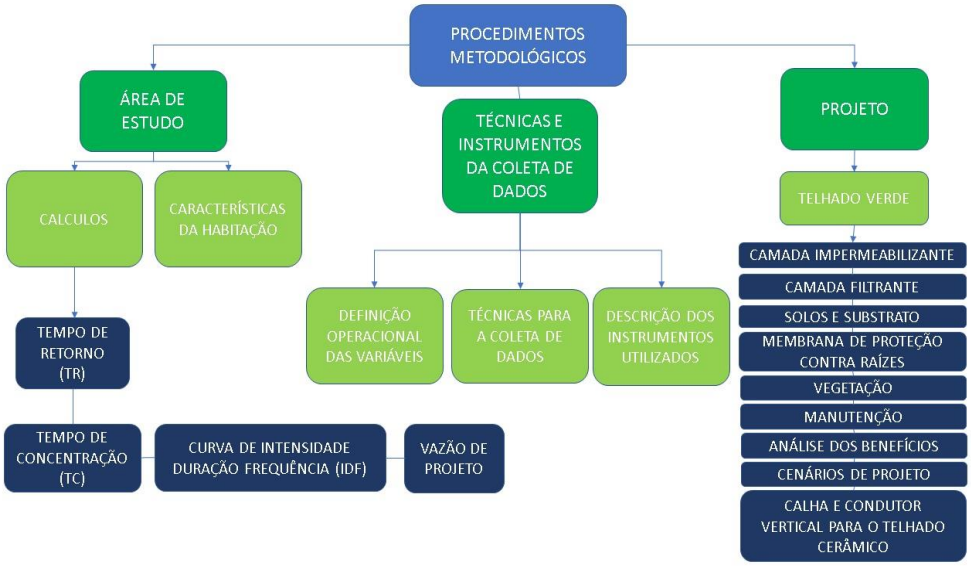
Vantagens	Agricultura Urbana: Produzir alimentos sobre telhados é tecnicamente possível, viável economicamente e ajudará a economizar toneladas de combustível no transporte de alimentos.
	Controle de inundações: A água da chuva fica retida, onde uma parte é evaporada, reduzindo o volume total do escoamento superficial. O resultado é que menos água chega ao nível do solo.
	Eficiência Energética: Telhados verdes reduzem os gastos com energia elétrica, melhorando o conforto térmico e reduzindo os gastos com resfriamento do ambiente (ar-condicionado).
	Estética Urbana: A simples visão de uma área verde pode ter benefícios para a saúde humana.
	Redução de ilha de calor: Telhados verdes atuam na mitigação deste efeito, reduzindo a área de superfícies impermeáveis da cidade que causam grandes elevações na temperatura.
	Filtragem de Água: Além de atuar como um filtro mecânico de partículas, alguns tipos especiais de substrato utilizados para cultivo de plantas em telhados e coberturas podem funcionar como reguladores de pH e como filtros de íons
	Qualidade do Ar: O ar próximo aos telhados verdes fica mais úmido e frio durante o verão. A cobertura vegetal atrai e absorve grandes volumes de poeira e poluição na superfície das folhas, ajudando a fazer um ar mais limpo e saudável.
	Aumento da Área Útil: A área impermeável nas cidades chega a somar 75% de sua área total. Telhados verdes podem adquirir um papel totalmente novo no dia a dia das cidades, dando utilidade a espaços tradicionalmente subutilizados.
	Valorização de imóveis: Jardins são cada vez mais valorizados nas cidades, ajudando a valorizar os imóveis onde estão locados. Telhados verdes já começam a se destacar como um item de diferenciação para venda e locação de imóveis.
	Conforto Acústico: Telhados verdes promovem conforto e até mesmo o isolamento acústico, através da ação tanto do substrato como das plantas. Um telhado verde com 12 centímetros de substrato pode reduzir a transmissão de sons em até 40db.
	Valorização da Marca: Conforme cresce a conscientização em torno do tema de mudanças climáticas, cresce também a demanda por produtos e serviços que ajudam a reduzir os danos ao meio ambiente.
Desvantagens	Alto custo inicial.
	Requer mão de obra especializada.
	Caso o sistema não seja aplicado de forma correta, pode gerar infiltração de água e umidade no edifício.
	Cuidado com incêndios e ventos.

Fonte: Alberto (2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia proposta visou solucionar um problema real relativo à infiltração da contribuição pluvial de telhados em edificações residenciais, trazendo um contexto mais sustentável, o método escolhido foi a implementação de um telhado verde. Onde podemos analisar os tópicos no fluxograma apresentado na Figura 10.

Figura 10:Fluxograma da metodologia implementada no estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto a área de conhecimento, conforme definidas pelo CNPq (2020), o presente Trabalho se situa na grande área das Engenharia Civil, no ramo da construção Engenharia Hidráulica, especificamente na área de hidrologia.

Quanto a finalidade o Trabalho classifica-se como uma pesquisa básica estratégica, uma vez que conforme Gil (2010) o tipo de pesquisa assim denominado pretende a aquisição de novos conhecimentos direcionados a amplas áreas com vistas à solução de reconhecidos problemas práticos. Demonstrar que o telhado verde além de trazer um aspecto visual bonito para o ambiente, pode solucionar problemas com ondar de calor, fazer reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, ser usado como isolante acústico, contudo contribuindo para o bem-estar de quem vive no local.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa enquadra-se dentro do tipo denominado descritiva, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo que descreve as características de terminada população (GIL,2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este trabalho, uma vez que pretende descrever os benefícios para

a implantação do telhado verde para o cenário atual da construção civil que vem aumentando cada vez mais. Ainda dentro desta subdivisão, a coleta de dados se dará atras de estudo de caso, o que é descrito por Martins Junior (2008), como uma pesquisa a um determinado grupo, família ou comunidade para indagar em profundidade, para examinar algum aspecto particular (MARTINS JUNIOR, 2008, p.259)

Quanto aos métodos empregados, classifica-se a mesma, ainda, conforme subdivisão estabelecida por Gil (2010), referente a natureza de dados, como uma pesquisa qualitativa, uma vez que nos interessa neste Trabalho as atribuições de caráter, propriedades ou características dos elementos estudados. Os dados coletados para o presente estudo, irão compor uma análise da viabilidade de implementação de um telhado verde em uma residência unifamiliar, trazendo os benefícios, custos, e implementação, visando a qualidade de vida, e os proveitos que esse sistema pode trazer ao meio ambiente, e aos moradores desta residência em questão. Os dados serão obtidos através de pesquisas em fontes confiáveis, apresentadas durante a análise. Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa não-experimental, a qual conforme Gill (2010) o pesquisador analisa as informações provenientes de um determinado efeito provocado por um ambiente foco de observação.

3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Para desenvolvimento deste Trabalho, por se tratar de um estudo de caso foi realizado uma pesquisa de campo no local analisando a viabilidade e necessidade para a aplicação de telhado verde em uma residência unifamiliar em Alvorada, Rio Grande do Sul.

Os dados necessários para fazer esse trabalho consistem na análise dos tipos de telhado, o caimento do mesmo, a viabilidade do projeto, os paramentos de medida do local, resistência da estrutura para o telhado escolhido e as alterações que devem ser feitas para esta implementação.

3.2.1 Definição operacional das variáveis

- Definir os tipos de telhado verde;

No mercado atual podemos encontrar vários tipos de telhado, cada um se enquadrando em uma necessidade especifica, deve ser analisado o local e determinado qual o telhado verde mais adequado.

- Apresentar as vantagens do telhado verde na preservação do meio ambiente;

  O telhado verde é um sistema que vem sendo implementado no brasil aos poucos, e muitos não compreendem quais os benefícios que ele traz consigo, esses benefícios serão apresentados e difundidos durante o estudo.

- Conhecer a aplicação do sistema construtivo e como funciona sua manutenção;

  Será apresentado como é feito, e como deve ser feito a manutenção para manter o telhado verde sempre em seu perfeito estado e funcionamento.

- Analisar a durabilidade de um telhado verde comparado a um telhado convencional.

  Se enquadrando em um dos benefícios, será apresentado a durabilidade de um telhado verde comparado a um convencional, visto que ele pode proteger uma laje, por suportar as diferenças de temperatura e insolação, aumentando a durabilidade.

- Apresentar as vantagens e desvantagens da construção de um telhado verde

  Todo sistema possui vantagens e desvantagens, e neste estudo iremos mostrá-las, determinando a viabilidade do projeto.

3.2.2 Técnicas para a coleta de dados

- Através de literatura científica;
- Análise pluviométrica do local;
- Estudo da viabilidade de instalação;
- Análise comparativa de dados científicos e práticos.

3.2.3 Descrição dos instrumentos utilizados

Será realizado um estudo de caso, onde será analisado a viabilidade de instalação de um telhado verde em uma residência unifamiliar. Onde deverá ser feito um estudo da laje existente, verificando se ela suporta a carga a ser submetida.

Para a parte técnica deste estudo, como definição, vantagens e desvantagens, aplicação do sistema foram usados artigos, monografias, congresso, revistas, sites, relacionados ao tema para obter padrões e referencias.

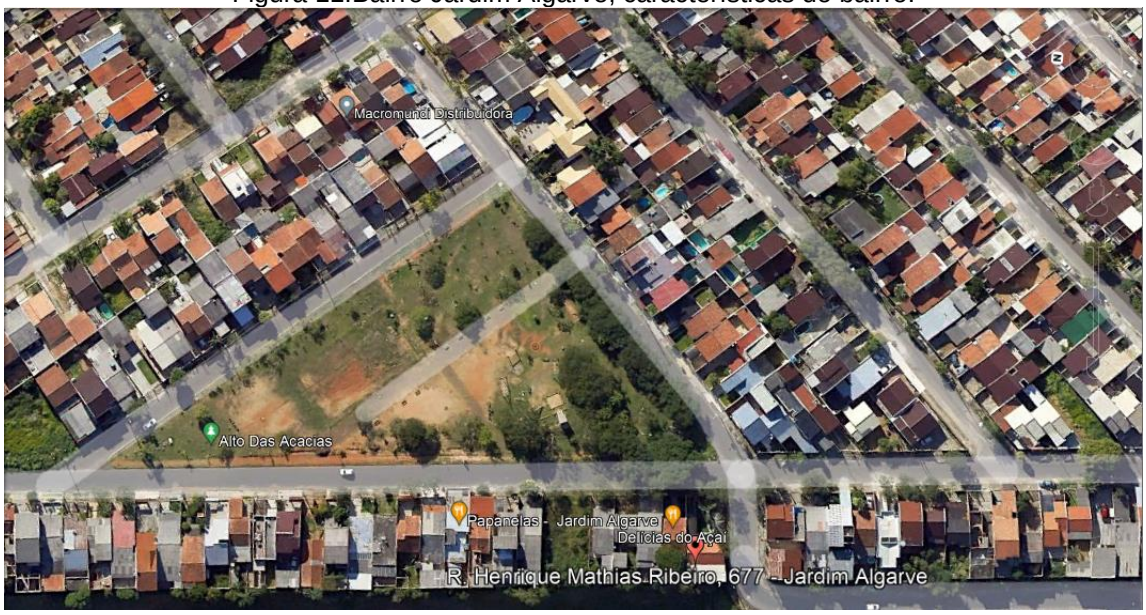
Para os fatores de projeto, será analisado dados pluviométricos do local, calculado as vazões, dimensionamentos e tubulações, desenvolvendo um sistema com funcionamento adequado para a residência do projeto.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

De acordo com o IBGE (2021), a cidade de Alvorada-RS possui uma população estimada em 212.352 mil habitantes, nasceu como Distrito de Viamão denominado Passo do Feijó, conforme a Lei Estadual nº5026 Alvorada garantiu sua emancipação em 17 de setembro de 1965, assim, deixando de se chamar Passo do Feijó.

O estudo será realizado no bairro Jardim Algarve, em zona urbana, está localizado na cidade de Alvorada-RS, próximo a Estrada Caminho do Meio que faz ligação com Viamão e Porto Alegre. O bairro originou-se de um loteamento construído pela empresa Habitasul, possui em geral casas de médio padrão, e em sua maioria as casas possuem áreas livres permeáveis, assim, diminuindo o escoamento superficial, como pode ser observado na Figura 11.

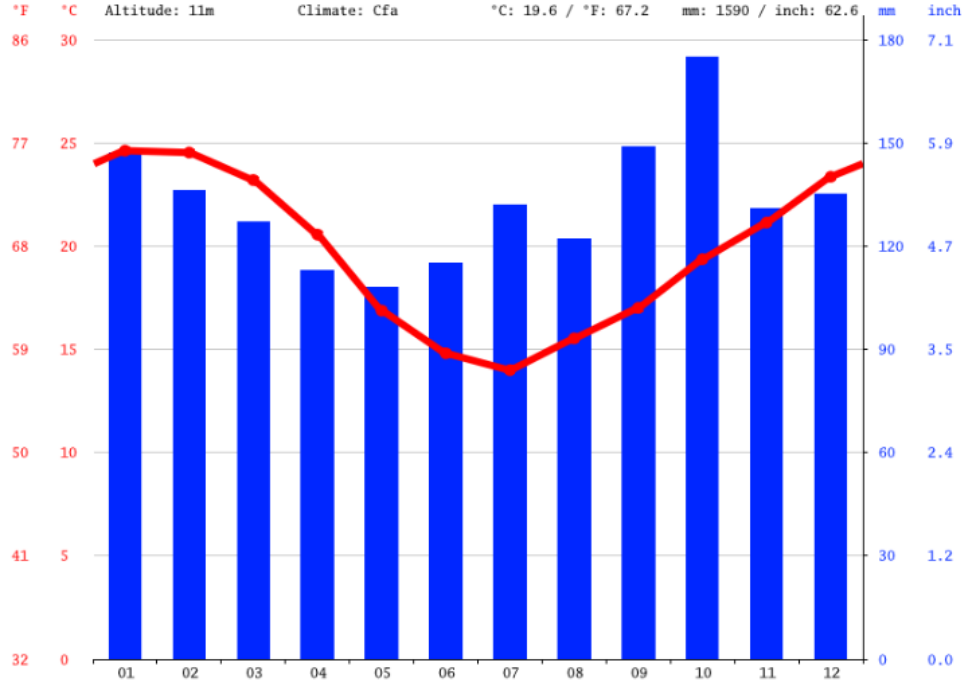
Figura 11:Bairro Jardim Algarve, características do bairro.



Fonte: Google Earth (2022).

Alvorada possui um clima quente e temperado, possui uma temperatura média de 19,6ºC com pluviosidade média anual de 1590mm, maio é considerado o mês mais seco, contudo, possui alta pluviosidade chegando a uma diferença de 67mm entre a precipitação do mês mais seco ao mais chuvoso, na Figura 12 tem-se o gráfico destas variações.

Figura 12:Pluviometria



Fonte: Climate data (2022).

De acordo com Clima Data (2022), a variação das temperaturas medias durante o ano é de 10,6ºC, o maior índice de umidade relativa é no mês de Junho com 82,58%, a umidade relativa mais baixa se encontra no mês de dezembro com 73,10%, como mostra a

Figura *13*.

Figura 13:Dados Climatológicos de Alvorada.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem-bro	Dezem-bro
Temperatura média (°C)	24.6	24.5	23.2	20.6	16.9	14.8	14	15.5	17	19.4	21.1	23.4
Temperatura mínima (°C)	20.9	21	19.7	17	13.5	11.3	10.3	11.4	13.3	15.7	17.1	19.4
Temperatura máxima (°C)	29.1	28.9	27.5	24.9	21	19.2	18.7	20.7	21.7	23.9	25.9	28.2
Chuva (mm)	147	136	127	113	108	115	132	122	149	175	131	135
Umidade(%)	75%	77%	78%	78%	80%	83%	81%	80%	78%	78%	74%	73%
Dias chuvosos (d)	11	11	10	8	7	7	8	7	8	9	8	9
Horas de sol (h)	9.0	8.5	7.7	6.8	6.2	5.9	6.2	6.7	6.7	7.4	8.6	9.3

Fonte: Climate data (2022).

3.3.1 Características da Habitação

Para realizar o estudo de caso, foi escolhido uma residência unifamiliar para a aplicação do telhado verde, na qual os proprietários aceitaram a realização do projeto, para diminuição das ondas de calor que refletem na laje, a casa consta com 2 lajes

nas beiradas e o centro foi realizado um telhado com estrutura de madeira de tesouras e telhas cerâmicas, a laje interna não aparece pois foi construído um salão de festas nos fundos da casa na qual o telhado novo sobrepôs a laje tampando a mesma. O projeto será executado na laje externa frontal, em um terreno 19,90x16,00 conforme visualizado na Figura 14.

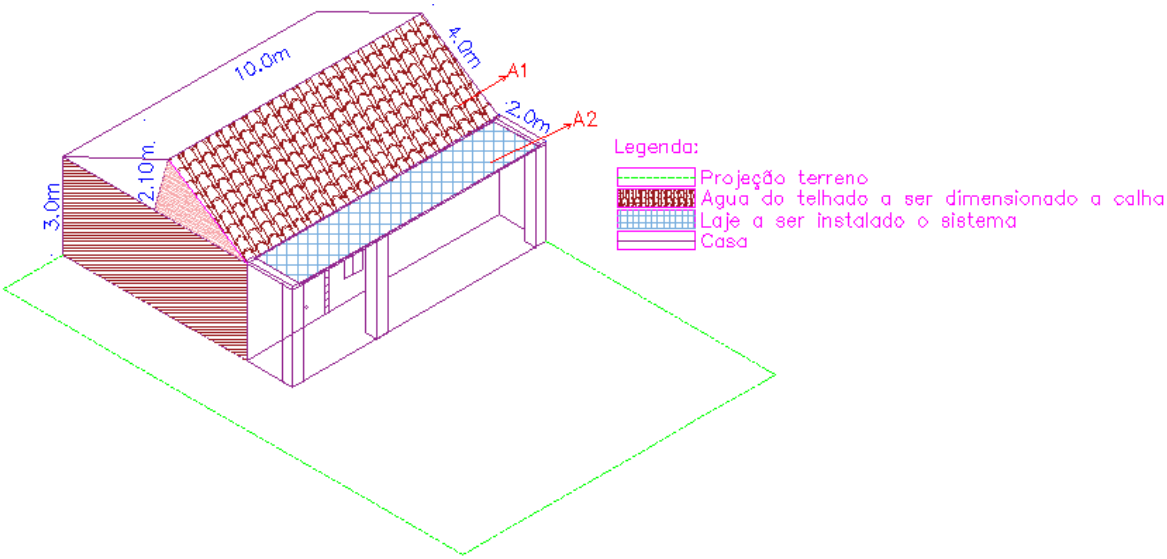
Figura 14: Laje onde será aplicado o Telhado Verde.

Fonte: Google Earth (2022).

Para este cenário, a área A1 em superfície inclinada deverá ter uma calha dimensionada, para que a água escoada por ela, vá diretamente aos coletores públicos, pois a área de laje onde será instalado o telhado verde não tem capacidade para suportar a chuva do telhado mais o da própria laje, ocasionando uma provável falha no sistema por sobrecarga em dias que a chuva esteja mais intensa. Já na área A2 em superfície plana, será executado o projeto de telhado verde, conforme mostrado na

Figura *15*, onde podemos observar a área de captação.

Figura 15:Planta Isométrica do Telhado.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.4 CÁLCULO DA VAZÃO DE PROJETO

Neste capítulo serão desenvolvidas as premissas de cálculo para o dimensionamento da vazão de projeto.

3.2.1 Tempo de retorno (Tr)

Após pesquisar sobre informações do Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade de Alvorada, foi constatado que a cidade não possui o mesmo, então para realizar o trabalho em questão será utilizado o Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade de Porto Alegre (PDDU-POA), o PDDU-POA indica que, tempo de retorno (Tr) é o período que um determinado evento irá ocorrer novamente, neste caso a chuva. Esse resultado obtém-se de forma matemática onde a variação ocorre tipicamente de 10 a 100 anos, podendo ser feito uma análise de risco e o dimensionamento de obras baseado no Tr, minimizando os fenômenos naturais que poderiam ocorrer.

Para realizar o estudo de aplicação deste projeto, será utilizado o tempo de retorno máximo em áreas residenciais de 5 anos conforme Tabela 1 assim, tendo os

dados necessários para o dimensionamento urbano de micro drenagem do projeto do telhado verde em questão.

Tabela 1:Tempo de retorno para projetos de Drenagem Urbana.

Sistema	Característica	Intervalo Tr (tempo)	Valor Frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 - 5	2
	Comercial	2 - 5	5
	Áreas de Prédios Públicos	2 - 5	5
	Aeroporto	5 - 10	5
	Áreas Comerciais e Avenidas	5 - 10	10
Macrodrenagem		10 - 25	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 - 100	100*

Fonte: PDDU de Porto Alegre/RS, 2005, p. 26.

3.2.2 Tempo de Concentração (Tc)

Para Bruno et al. (2011), o Tempo de Concentração (tc) é definido pelo tempo necessário que toda a área da bacia leva para contribuir no escoamento superficial até um determinado ponto de controle, pode haver influência no tempo de concentração conforme a forma da bacia, declividade média, sinuosidade e declividade no percurso principal.

A NBR10.844(1989) recomenda que seja utilizado 5 minutos para o tempo de concentração, este valor é adotado para o tempo de duração da chuva crítica de projeto, desta forma ela será adotada como chuva de projeto. Para Silva et al (2003), quando se estuda o clima de determinada região um dos fatores importantes a ser analisado é a precipitação de chuva, pois o excesso de precipitação pode ocasionar em uma chuva intensa, onde a chuva intensa gera uma grande lâmina precipitada em um curto intervalo de tempo, frequentemente estas chuvas causam prejuízos materiais e humanos.

3.2.3 Curva de Intensidade duração frequência (IDF) de Porto Alegre

Curva de intensidade, duração e frequência (IDF), é o método utilizado quando há a necessidade de obter a intensidade máxima para calcular a vazão máxima de projeto. É utilizado dados pluviograficos das estações. Abaixo temos uma tabela, onde

foram pré-estabelecidas 4 fórmulas pelo PDDU-POA, para facilitar no momento de cálculo.

Analisando a tabela, podemos observar que ela oferece uma equação para cada região, onde a região que se enquadra neste projeto é a fórmula para a Vila Protasio Alves, localizada na 4ª posição da Tabela 2.

Tabela 2:Equações IDF recomendadas para Porto Alegre por bairro.

Nº	IDF[1]	BAIRROS
1	$i = \frac{826{,}8\, T^{0{,}143}}{(t+13{,}3)^{0{,}79}}$ Aeroporto	Arquipélago (Ilha do Lage e Ilha Grande dos Marinheiros), Farrapos, Humaitá, Anchieta, Várzea do Gravataí, Navegantes, São João, Sarandi, Rubem Berta, São Geraldo (regiões norte, nordeste e leste do bairro), Santa Maria Goretti, Jardim São Pedro, Jardim Floresta, Jardim Lindóia, São Sebastião, Higienópolis, Passo D'Areia, Cristo Redentor, Vila Ipiranga (região norte do bairro), Jardim Itu-Sabará (região norte do bairro), Boa Vista (região norte), e Passo das Pedras (região norte do bairro)
2	$i = \frac{1265{,}67\, T^{0{,}052}}{(t+12)^{\frac{0{,}88}{T^{0{,}05}}}}$ Redenção	Arquipélago (Ilha das Flores e Ilha da Pintada), Marcílio Dias, São Geraldo (regiões oeste, sul e sudeste do bairro), Floresta, Passo das Pedras (região sul do bairro), Centro, Independência, Moinhos de Vento, Auxiliadora, Praia de Belas, Cidade Baixa, Farroupilha, Bom Fim, Rio Branco, Mont Serrat (região oeste), Bela Vista (região oeste), Menino Deus, Azenha , Santana, Santa Cecília, Cristal, Santa Teresa, Medianeira, Santo Antônio, Vila Assunção, Tristeza, Camaquã, Cavalhada, Nonai (região oeste), Vila Conceição, Pedra Redonda, e Ipanema (região norte),
3	$i = \frac{1297{,}9\, T^{0{,}171}}{(t+11{,}6)^{0{,}85}}$ 8ª Distrito	Vila Ipiranga (região sul do bairro), Jardim Itu-Sabará (região sul do bairro), Boa Vista (região sul), Mont Serrat (região leste), Bela Vista (região leste), Três Figueiras, Chácara das Pedras, Vila Jardim, Petrópolis, Bom Jesus, Jardim Carvalho, Partenon, Jardim Botânico, Jardim do Salso, Nonoai (região leste), Teresópolis, Glória, Cel. Aparício Borges, Vila João Pessoa, São José, Ipanema (região sul), Vila Nova, Cascata, Espírito Santo, Aberta dos Morros (região oeste), Belém Velho (região oeste), Guarujá, Hípica (região oeste), Serraria, e Ponta Grossa (região oeste),
4	$i = \frac{509{,}859\, T^{0{,}196}}{(t+10)^{0{,}72}}$ IPH	Vila Protásio Alves (região norte, leste e sul), Agronomia, Lomba do Pinheiro, Restinga, Chapéu do Sol, Belém Novo, Lageado, Extrema, Aberta dos Morros (região leste), Belém Velho (região leste), Hípica (região leste), Ponta Grossa (região leste), e Lami

[1] - i é a intensidade da chuva em mmh-1, T é o período de retorno em anos e t é a duração em minutos.

Fonte: PDDU de Porto Alegre/RS, 2005, p. 32.

3.2.4 Vazão de projeto

De acordo com a NBR10.844(1989), a vazão de projeto, pluviometria e a área, podemos obter através Eq. 1 abaixo:

$$Q = \frac{C.I.A}{60}$$ Eq. 1

Onde:

Q= vazão de projeto (L/min)

A= área de contribuição (m²)

I= intensidade pluviométrica (mm/h)

C= coeficiente de escoamento (área impermeáveis=1)

A área A1 de contribuição em m² em superfície inclinada como mostra a Figura 16, é calculada a partir da Eq. 2 de superfície inclinada.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b$$ Eq. 2

Onde:

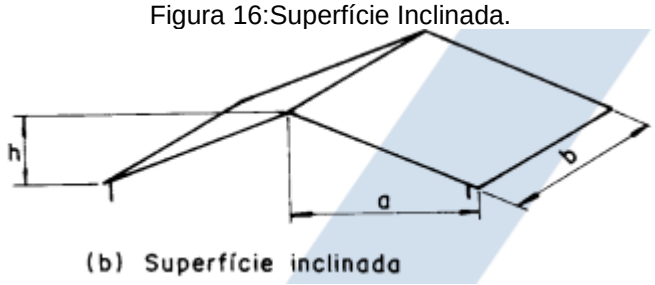
A= Área de contribuição (m²)

a= Largura do telhado (m)

h= Altura (m)

b= Base (m)

Figura 16:Superfície Inclinada.



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

Na área A2 de contribuição em m² a superfície plana horizontal conforme a Figura 17, é calculada a partir da Eq. 3 abaixo.

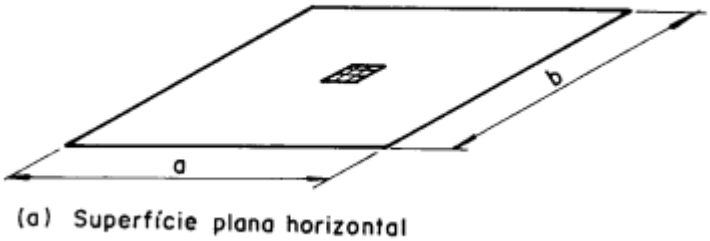
$$A = a * b$$ Eq. 3

Onde:

a= Largura do telhado (m)

b= Base (m)

Figura 17:Superfície Plana.



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

Para calcular a vazão total que a laje recebe, antes da execução do telhado verde, deverá ser somado a área do telhado cerâmico (A1) e a área da laje (A2), conforme a Eq. 4 abaixo, pois não há calha existente, então as áreas se somam.

$$A_{Total} = A1 + A2 \qquad \text{Eq. 4}$$

Para definirmos qual foi a redução da vazão da laje, após a aplicação do telhado verde e qual a sua respectiva porcentagem, utilizaremos a Eq. 5 abaixo.

$$Incre(\%) = \left(\frac{|Q_{L+Tv} - Q_L|}{Q_L}\right) \times 100 \qquad \text{Eq. 5}$$

Onde:

Q_L = vazão da laje [L/min];

Q_{Tv} = vazão do telhado [L/min];

3.3 TELHADO VERDE

A proposta de drenagem na fonte para este trabalho, consiste na implementação de telhados verdes para a edificação estudo de caso. O objetivo da implementação da técnica é o de verificar o potencial de redução de lâmina d’água que seria direcionada para os coletores públicos.

A aplicação do telhado verde consiste em reter essa chuva, mantendo-a no solo e na vegetação para ser evapotranspirado, ou seja, transferir a água em estado

gasoso para atmosfera, por meio da evaporação da água e transpiração da vegetação implementada, para reduzir a vazão nos coletores pluviais, reduzindo o desperdício hídrico e auxiliando na drenagem urbana, desta forma ajudando diminuir a possibilidade de enchentes como o telhado verde retem boa parte da água da chuva.

Contudo temos os benefícios que a aplicação do telhado verde trará para a estrutura, no ambiente interno e até mesmo no ar, pois a vegetação absorve as substâncias toxicas e libera oxigênio na atmosfera, melhorando o isolamento acústico da edificação, onde, a vegetação absorve e isola os ruídos, protege contra altas temperaturas e consequentemente diminui as ilhas de calor no verão de tal forma que reduz o consumo de energia devido a redução da temperatura no ambiente interno diminuindo a necessidade de refrigeração do ambiente, e no inverno ajuda manter a temperatura além de embelezar a edificação.

3.3.1 Camada Impermeabilizante

A camada impermeabilizante tem contato direto com a laje, e possui a finalidade de proteger a estrutura para que não haja infiltração de água, para esta camada é utilizado manta asfáltica e sua aplicação deve ser feita conforme exposto na NBR 9574, a manta asfáltica é comercializada em rolos geralmente tem dimensões 1mx10m podendo haver variação na espessura de 3 a 5mm. Para iniciar a aplicação primeiramente é necessário realizar a limpeza da laje, após aplicar o prime que é uma tinta com a finalidade de dar aderência, para a colocação da manta é necessário o auxílio de um maçarico para que ela cole na laje, a norma ainda determina que é necessário realizar o teste de estanqueidade de 72 para prevenir possíveis falhas durante a aplicação, evitando problemas futuros.

3.3.2 Camada Drenante

A camada drenante tem como sua função drenar o excesso de água, pois a vegetação retem parte da água derivada da chuva desta forma o que sobra deve ser drenado, evitando um acúmulo no sistema provocando o afogamento das plantas, e consequentemente gerando uma reserva de água que a vegetação possa utilizar em períodos de estiagem. Para Dilly (2016), esta camada favorece o bom funcionamento dos ralos e drenos, em telhados verdes extensivos laminares a camada drenante esta encaixada em módulos plásticos onde diminuem de forma considerada a carga na estrutura funcionando como suporte para um possível armazenamento elevado de água. A argila expandida tambem é recomendada como material drenante além de ter

baixo custo e ser encontrada facilmente, sua carga própria não expõe sobrecarga na estrutura.

3.3.3 Camada Filtrante

Conforme Alberto et.al (2012) deve-se, na camada filtrante, utilizar uma camada geotêxtil, pois o filtro retem partículas de solo do telhado que possivelmente seriam arrastadas pela água da chuva ou regas evitando entupimento dos drenos.

3.3.4 Solos e Substrato

O substrato é a camada que tem função de fornecer nutrientes e água as plantas, para aplicação desta camada é necessário conhecer a vegetação que será aplicada antes de realizá-la para que seja utilizado o substrato adequado de acordo com a vegetação escolhida, sua camada deve ter uma espessura adequada com o tamanho da vegetação escolhida e possuir uma boa drenagem.

Baldessar (2017) faz uma comparação entre os substratos de telhado verde e os solos de campo:

> ...em média, os telhados verdes possuem substratos leves e soltos, não se compactam por seu peso próprio, o que é muito bom para a permeabilidade. Os solos de campo são pesados demais e, como na sua composição há partículas finas que facilmente se deslocam, a longo prazo, causam problemas de permeabilidade. (Baldessar, 2017, p.40)

3.3.5 Membrana de Proteção contra Raízes

A membrana antiraizes tem como função proteger para que as raízes não penetrem no telhado verde e prejudiquem impermeabilização, ou ocasionem entupimentos nos bicos dos drenos, para esta etapa é recomendado a utilização de lonas de poliestireno (PEAD) e mantas de PVC. Nesta etapa do projeto será analisado os tipos de materiais comercializados na cidade, onde será verificado qual método terá maior vantagem para a instalação e um melhor custo-benefício para o estudo de caso.

3.3.6 Vegetação

Para a determinação da vegetação Alberto et.al (2012), indica que a escolha seja feita após domínio do clima local, assim, optando por plantas que resistam as

mudanças de temperatura desta região, tipo de substrato que será utilizado e o tipo de manutenção, sendo fundamentais para manter a vida útil da estrutura.

Desta forma, será realizado uma análise de qual vegetação se adapta melhor ao clima da região onde está sendo realizado o estudo para que ela não sofra com as variações do tempo e venha a morrer.

3.3.7 Manutenção

O tipo de cobertura que será analisada para o estudo é do tipo telhado verde extensivo, este tipo de telhado possui pouca ou nenhuma manutenção, os cuidados são os mesmos que um jardim comum, porém a rega deve ser feita com menor frequência possível para não comprometer a drenagem do sistema.

Devemos ter um maior cuidado após a instalação, de acordo com Heneine (2008) para a manutenção e bom funcionamento do telhado verde é necessário passar por 3 estágios, sendo eles: a manutenção de instalação, o desenvolvimento da manutenção e a manutenção constante. Após realizar o processo de instalação tem-se o cuidado com a “pega” da planta e o surgimento de ervas daninhas, manter irrigação constante principalmente em períodos de seca. Na etapa de desenvolvimento da manutenção compreende-se que é necessário manter a manutenção após instalação para manter os cuidados da vegetação, mas com uma frequência menor. Com o desenvolvimento da vegetação os cuidados para manter sua continuidade devem permanecer como a verificação da existência de ervas daninhas, irrigação frequente, além de aparar a vegetação.

3.5 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS

Os objetivos deste tópico consistem em avaliar quais os benefícios na implementação do telhado verde, para edificação em estudo de caso, apresentando os impactos que a chuva trás na edificação. Onde serão propostos dois cenários: 1) o de cenário pré-projeto, que é o existente, onde tudo que chove escoa diretamente para os coletores públicos; 2) e o cenário pós-projeto, analisando os benefícios da implementação do telhado verde.

3.6 CENÁRIOS DE PROJETO

Neste cenário serão analisadas as características atuais da laje, onde está sendo realizado o estudo para aplicação do telhado verde. Também serão observados possíveis danos que venham ter que ser reparados antes da instalação do projeto, e

de tal forma, avaliar as possibilidades de implementação das camadas do telhado verde de forma otimizada para obter um bom funcionamento, com resultados que atendam às necessidades da edificação.

3.6.1 Cenário Pré-projeto

No cenário atual a contribuição das telhas cerâmicas (
Figura 18,em azul) são direcionadas para uma laje plana (
Figura 18 em vermelho), com declividade de 0,5 %. Devida a sobrecarga de vazão (vazão própria coletada somada a vazão do telhado) dada pela ausência de uma calha para coletar a vazão do telhado, a laje fica empossada, gerando transbordamentos excessivos e infiltração na própria laje. Em conjunto com as ações do tempo provocou fissuras na estrutura causando infiltração de água, como não possui nem um tipo de impermeabilização a cada evento de chuva a estrutura danifica um pouco mais.

Dessa forma, este cenário de pré-projeto servirá de base para as análises dos benefícios da implementação do cenário pós-projeto, descrito no próximo item.

Figura 18:Cenário atual (pré-projeto) da cobertura da edificação. Em vermelho está identificado o telhado com cobertura cerâmica que desagua a vazão coletada na laje identificada em azul.

Fonte: Google Earth (2022).

3.6.2 Cenário pós-projeto

Conforme observado no cenário de pré-projeto existem problemas de infiltração de água devido à sobrecarga de projeto da descarga da vazão que vem das telhas do telhado cerâmico somando-se a contribuição da laje que excede sua capacidade de

escoamento e por sua vez gera problemas tanto de infiltração como também de umidade onde a laje fica sempre retida.

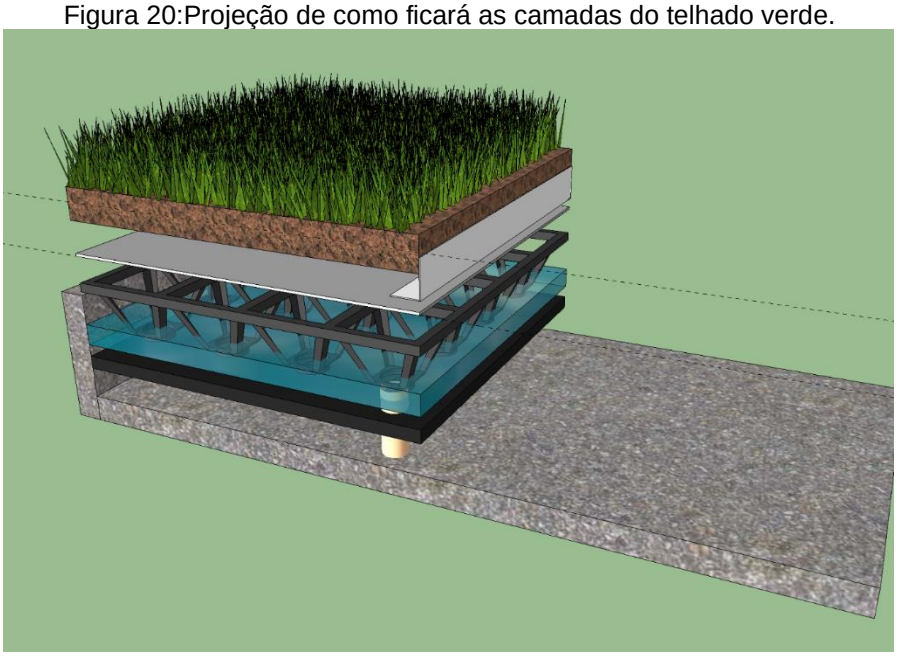
Desta forma, para resolver este problema foi proposto a impermeabilização da laje, onde sobre essa impermeabilização será implementado um sistema de telhado verde. Contudo, espera-se que ocorra a retenção da água de forma racional que não venha trazer prejuízos para a edificação, onde os excessos serão conduzidos a uma destinação final, sem prejudicar a laje. Assim, além de resolver o problema da infiltração, tambem vai contribuir para a redução das ilhas de calor gerando um conforto térmico maior para o ambiente, pois o calor será dissipado. Cabe ressaltar também que no cenário de pós-projeto serão avaliados quais os benéficos da implementação do telhado verde. Para a parte de escoamento os cálculos que virão futuramente demonstrarão os resultados quanto a divisão da água que fica retirada e o que continuará passando para os coletores públicos. Ainda sobre o cenário de pós-projeto, na Figura 19 podemos observar o local demarcado do telhado que será estudado para a implantação do projeto de sistema de telhado verde, na

Figura *20* possui a projeção de como ficará as camadas do sistema após aplicação do mesmo sobre a laje.

Figura 19:Laje onde será aplicado o telhado verde. O retângulo em verde ilustra a posição.

Fonte: Google Earth (2022).

Figura 20:Projeção de como ficará as camadas do telhado verde.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.7 CALHA E CONDUTOR VERTICAL PARA O TELHADO CERÂMICO

Nesta etapa, será demonstrado o método a ser utilizado para realizar o dimensionamento da calha e condutor vertical. Como o telhado cerâmico não possui uma calha toda água escoada pelo mesmo descarrega em cima da laja, gerando problemas na estrutura, assim, sendo necessário dimensionar uma calha para o local.

3.7.1 Método de dimensionamento da Calha e Condutores Verticais

Conforme Carvalho (2020) relata, as calhas representam a primeira etapa das instalações prediais, pois elas recebem a água dos telhados conduzindo-as para condutores verticais, sua declividade é de suma importância para não haver empoçamento de água no seu interior. A NBR 10844:1989 determina que as calhas de beiral devem ter uma inclinação mínima de 0,5%.

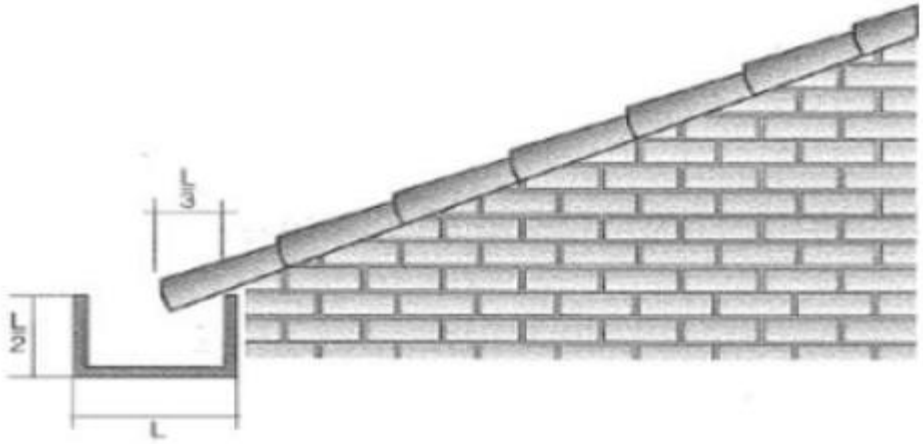
Para o dimensionamento utilizaremos o método simplificado que se dá pelo comprimento do telhado, e através da Tabela 3 pode-se obter a largura ideal da calha de acordo com o comprimento necessário. Obtendo a largura, utiliza-se as equações descritas na Figura 21 para obter a altura da calha, que é a largura dividido por duas partes e a quantidade de telhado que terá espera para dentro da calha, para que encha corretamente que é a largura dividido por três partes.

Tabela 3: Dimensão da calha em função do comprimento do telhado.

Comprimento do Telhado (m)	Largura da Calha (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,20
10 a 15	0,30
15 a 20	0,40
20 a 25	0,50
25 a 30	0,60

Fonte: Adaptado Carvalho (2020).

Figura 21:Medidas da calha.



Fonte: Carvalho (2020).

Os condutores verticais têm como função recolher a água coletada pela calha, e encaminhá-las para a parte inferior das edificações, lembrando que os condutores de água verticais, não podem ser usadas para o recebimento de efluentes de esgoto sanitário. Assim como para as calhas, será utilizado um método tabelado para seu dimensionamento conforme apresentado na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4:Condutores Verticais.

Diâmetro do Conduto (mm)	Área Máxima de Contribuição (m²)
75	130
100	288
125	501
150	780
200	1616

Fonte: Gonçalves (1998).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão tratados os resultados obtidos com a implementação da metodologia proposta para este trabalho. Para uma melhor compreensão, no capitulo 3 encontra-se explicação dos métodos, assim, como as equações utilizadas para obter os parâmetros calculados neste estudo.

4.1 PLUVIOMETRIA

A chuva anual é calculada considerando o ano hidrológico, acumulando as precipitações dos doze meses do ano. A região sul tem a média anual de 1200 a 2000 mm/ano, o que pode variar de cidade para cidade dentro destes parâmetros. A cidade de Alvorada possui um clima quente e temperado, em razão disso tem pouca variação de pluviosidade ao longo do ano, segundo gráfico analisado na

Figura *13*, a média anual foi de 1.590 mm, o que nos leva a uma média mensal de 132,5 mm/mês.

4.2 CURVA DE INTENSIDADE DURAÇÃO FREQUÊNCIA (IDF) DE PORTO ALEGRE

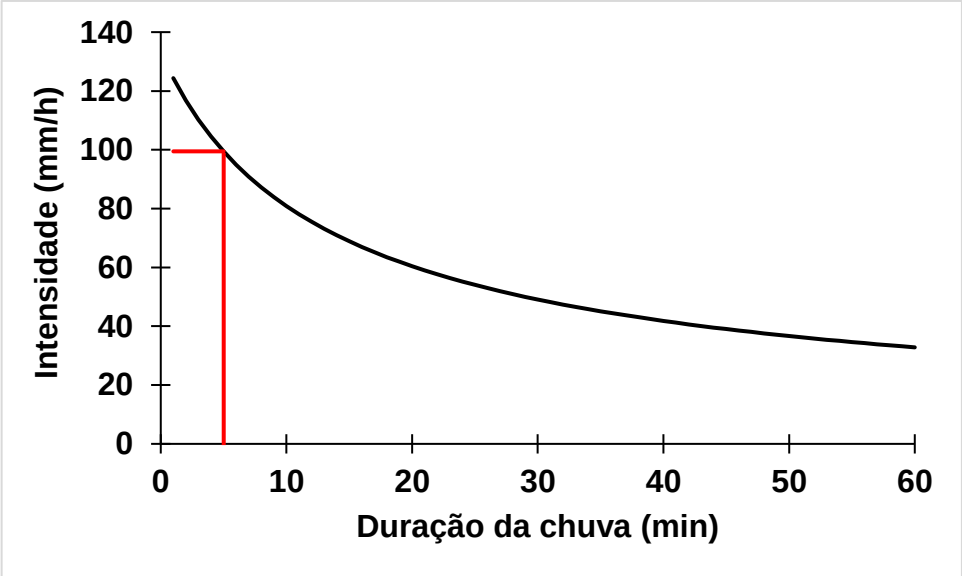
Conforme exposto na NBR 10.844 (1989), para telhados residenciais, é recomendado o tempo de concentração de 5 min, e tempo de retorno de 5 anos.

De acordo com a explicação no capítulo 3, a cidade de Alvorada local de aplicação do telhado verde não possui plano diretor, assim foi adaptado o plano da cidade de Porto Alegre, será utilizado a Eq. 6 para calcular a intensidade de chuva será do IPH que abrange a Vila Protásio Alves (região norte, leste e sul), e o bairro que está sendo estudado a aplicação fica próximo à Vila Protasio. Na

Figura *22* abaixo tem-se o gráfico onde mostra a curva IDF (Intensidade Duração e Frequência) do valor obtido no cálculo.

$$i = \frac{509{,}859\ T^{0{,}196}}{(t+10)^{0{,}72}} = \frac{509{,}859\ 5^{0{,}196}}{(5+10)^{0{,}72}} = 99{,}46 mm/h \qquad \text{Eq. 6}$$

Figura 22:Gráfico da Curva IDF.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.3 VAZÃO DE PROJETO

Conforme exposto no capítulo 3, para o cálculo da vazão de projeto foi analisado 2 cenários: com e sem telhado verde. No cenário sem telhado verde o cálculo da vazão mostra que toda água escoada no telhado é encaminhada diretamente para os coletores públicos, já no cenário com a implementação do telhado verde podemos observar que parte da água é retida no telhado reduzindo a vazão de água que escoa para os coletores públicos.

4.3.1 Cenário de pré-projeto

Para calcular a área do telhado cerâmico foi utilizado a Eq. 2 que resultou em uma área de 50,5m², em seguida foi calculado a área da laje através da Eq. 3 resultando em uma área de 20m². Para calcular a vazão primeiramente foi necessário calculado a área total dos telhados através da Eq. 4, onde obteve-se uma área de 70,5m², pois como o telhado cerâmico não possui uma calha toda água escoada por ele é direcionada para a laje.

Após descobrir a área total, é realizado então o cálculo da vazão utilizando a Eq. 1, onde, obteve-se uma vazão de 116,87 L/min. Para o cenário de pré-projeto foi utilizado C=1 (coeficiente de escoamento para áreas impermeáveis), este escoamento corresponde ao ciclo hidrológico em relação ao deslocamento da água até o solo, é de suma importância seu dimensionamento de tal forma que suporte as vazões

máximas em decorrência do escoamento superficial. Foi utilizado o cálculo da intensidade de chuva na Eq. 6 que traz os resultados da curva IDF conforme o gráfico da Figura 19. Para uma chuva com tempo de concentração de 5 minutos e um retorno de 5 anos, obtivemos a intensidade de 99,46 mm/h de chuva.

$$A1 = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b = \left(4 + \frac{2{,}10}{2}\right) * 10 = 50{,}5m^2 \qquad \text{Eq. 2}$$

$$A2 = a * b = 2 * 10 = 20m^2 \qquad \text{Eq. 3}$$

$$A_{Total} = A1 + A2 = 50{,}5 + 20 = 70{,}5m^2 \qquad \text{Eq. 4}$$

$$Q1 = \frac{C.I.A}{60} = \frac{1 * 99{,}46 * 70{,}5}{60} = 116{,}87\ L/min$$

$$Q1 = \frac{116{,}87}{1000 * 60} = 0{,}00195\ m^3/s \qquad \text{Eq. 1}$$

Esta vazão final de 116,87 L/min, é a vazão total no qual a laje que está com problemas de infiltração está exposta. Pois como o telhado cerâmico não possui uma calha para que a água escoada pelas telhas seja direcionada por um condutor vertical para um determinado ponto de destino, acaba descarregando toda a sua vazão em cima da laje, desta forma sobrecarregando-a e gerando problemas na estrutura.

Desta forma foi pensando em um dimensionamento de calha para que a vazão do telhado cerâmico seja direcionada para um ponto de destino, assim, não descarregando sobre a laje. Foi pensando no sistema de telhado verde como uma forma de solucionar os problemas apresentados com uma solução sustentável que poderá inclusive melhorar a qualidade de vida de quem vive no local.

4.3.2 Cenário pós-projeto

Em Pedrosa (2021) encontra-se o ensaio com a rega de água no sistema de telhado verde com intervalo de 4 horas, onde resultou em um $C_{médio}$= 0,5735, pode ser observado que o sistema teve tempo de absorver e dar um destino para a água, seja por evaporação ou absorção da vegetação, assim, 57,35% da água que o sistema

recebe é escoada. Este valor foi adotado como coeficiente de escoamento para o cenário de pós-projeto.

No item anterior foi calculado a vazão total a qual a laje estava sendo exposta, pois como não tem uma calha no telhado cerâmico a laje recebe água da área A1 e de sua própria área A2. Para descobrir esta vazão total foi utilizado o coeficiente de escoamento superficial 1, assim, por exceder a quantidade de água suportada, não será utilizada a água recolhida pelo telhado cerâmico no telhado verde.

Após calcular a área do telhado cerâmico, com a Eq. 2, obteve-se a área de 50,50m², utilizando esse valor, foi feito o cálculo da vazão recebida pelo telhado cerâmico, demonstrada na Eq. 1, que é de 83,71 L/min ou 0,00139m³/s.

$$A1 = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b = \left(4 + \frac{2{,}10}{2}\right) * 10 = 50{,}5m^2 \qquad \text{Eq. 2}$$

$$Q_{Telhado\ C.} = \frac{C.I.A}{60} = \frac{1 * 99{,}46 * 50{,}5}{60} = 83{,}71\ L/min$$
$$Q_{Telhado\ C.} = \frac{83{,}71}{1000 * 60} = 0{,}00139\ m^3/s \qquad \text{Eq. 1}$$

Para calcular a área da laje onde será instalado o telhado verde, utilizou-se a Eq. 3 e obteve-se uma área de 20m², para obter uma análise, utilizando a Eq. 1, aplicando o coeficiente de escoamento sem o telhado verde, e o fator $C_{médio}$ calculado por Pedrosa (2021) como parâmetro para resultados dos cálculos de projeto, chegando ao valor de 33,15 L/min ou 0,000552 m³/s sem o telhado verde, e 19,01 L/min ou 0,00032m³/s com o telhado verde.

$$A2 = a * b = 2 * 10 = 20m^2 \qquad \text{Eq. 3}$$

$$Q_{Laje} = \frac{C.I.A}{60} = \frac{1 * 99{,}46 * 20}{60} = 33{,}15L/min$$
$$Q_{Laje} = \frac{33{,}15}{1000 * 60} = 0{,}000552\ m^3/s \qquad \text{Eq. 1}$$

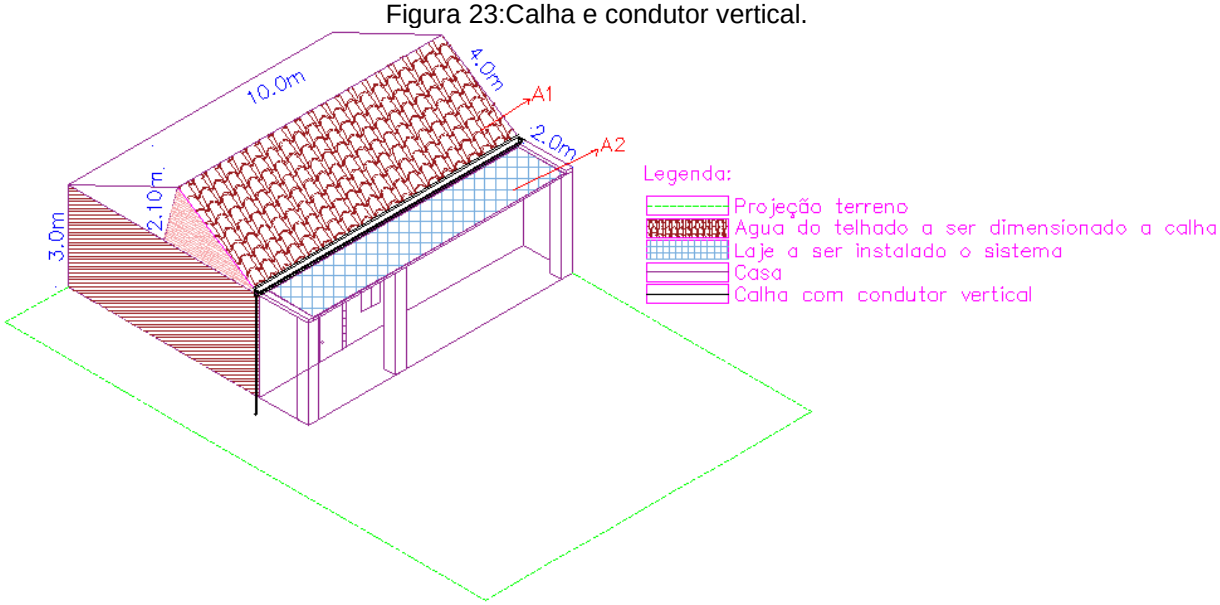
$$Q_{Laje\,TV.} = \frac{C.I.A}{60} = \frac{0{,}5735 * 99{,}46 * 20}{60} = 19{,}01\ L/min$$

$$Q_{Laje\,TV.} = \frac{67{,}02}{1000 * 60} = 0{,}00032\ m^3/s$$

Eq. 1 7

Analisando a área de contribuição A1 e a área A2, foi realizado os cálculos de forma separada para avaliar a carga de vazão que o telhado verde irá suportar. Percebe-se que a contribuição da área A1 é superior a área A2 o que acarretaria uma sobrecarga no telhado verde, desta forma foi pensando em dimensionar uma calha como uma solução para coletar a água que é escoada pelo telhado A1, na Figura 23 abaixo está representado como ficará a calha no telhado.

Figura 23:Calha e condutor vertical.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a área A2 foi optado pela aplicação do sistema de telhado verde, fazendo com que haja uma contribuição para a laje ter um clima mais agradável no ambiente, obtendo uma solução sustentável que irá contribuir de forma positiva com o meio ambiente, onde a impermeabilização da laje evita que ocorra infiltrações na casa, retenção de uma parte da água da chuva que escoa diretamente nos coletores públicos entre outros benefícios apresentados.

4.3.3 Cálculo da redução da vazão

Neste item, foi realizado o cálculo da redução da vazão através da Eq. 5 para a área A2 após aplicação do telhado verde, contudo obteve-se uma redução de 14,14

L/min. Com a mesma Eq. 5 foi possível realizar o cálculo para observar em termos de porcentagem a quantidade de água que fica retida no telhado verde, assim, chegamos a uma quantidade de 42,65% de redução de vazão que seria descarregado nos coletores públicos.

$$Incre\ (\%) = \left(\frac{|Q_{L+Tv} - Q_L|}{Q_L}\right) x100 = \left(\frac{|19{,}01 - 33{,}15|}{33{,}15}\right) X100 = 42{,}65\% \qquad \text{Eq. 5}$$

Mesmo que a redução possa ser considerada pequena em termos de vazão gerada na residência, pode-se perceber que existem melhorias que se fosse implementada a técnica em todo o telhado a vazão final poderia ser expressiva. Analisando em termos de microescala esse resultado pode ser considerado pequeno, porém, se cada edificação adotasse o método ao longo dos anos se teria uma redução notável de tal forma a beneficiar a sustentabilidade das cidades, evitando enchentes, ilhas de calor, proteção da estrutura onde foi aplicada, melhor qualidade de ar etc. Assim, contribuindo de forma positiva com o meio ambiente.

4.4 CALHA PARA O TELHADO CERÂMICO

Nesta etapa será dimensionado a calha para o telhado de telha cerâmica e seu respectivo orçamento, utilizando a calha para retirada do excesso de água evitando possíveis sobrecargas ao telhado verde.

4.4.1 Dimensionamento da Calha e Condutores Verticais

Conforme exposto no capítulo 3 o telhado cerâmico de área A1 não possui uma calha, desta forma toda água escoada nele é descarregada sobre a área A2 onde fica a laje estudada para implantação do telhado verde. Para que o telhado verde não venha a falhar caso haja uma chuva crítica, recebendo uma vazão maior que ele possa suportar, há a necessidade de dimensionar uma calha para o telhado cerâmico para que água da chuva que cai sobre ele seja direcionada para um ponto de destino.

Com a aferição das medidas do telhado, verificamos que o mesmo possui 10m de comprimento. O dimensionamento será realizado conforme exposto na Figura 21, após conferimos a Tabela 3 para determinar a largura e altura adequada para um telhado de 10m. Desta forma obtemos uma calha com largura de 0,20m e altura de 0,10m.

Para uma área de 50,5m², que é a área calculada de telhado, podemos analisar a Tabela 4 onde conclui-se que um condutor de 75mm atende a solicitação necessária, porém vale ressaltar alguns fatores para o funcionamento ideal, que é a inclinação de 0,5% e a adequada manutenção do sistema, efetuando limpeza e desentupimento a cada 6 meses, podendo variar com a quantidade de chuvas.

4.5 TELHADO VERDE

A cidade onde está sendo realizado o estudo, fica no Rio Grande do Sul que possui um clima temperado do tipo subtropical. A vegetação a ser analisada para implantar no projeto será a grama esmeralda, como descrito por Pardim (2020), a espécie possui folhas finas, lisas e sem pelagem se adapta a vários ambientes, climas tropicais, subtropicais, temperado, mediterrâneo e equatorial, tem ótimo custo-benefício possui baixo custo para plantio e manutenção, é muito resistente e apresenta bom enraizamento, boa resistência a pisoteio e ervas daninhas e tem baixa periodicidade de podas.

Fazendo uma pesquisa de mercado, foi obtido valores entre R$4,99 a R$5,99 por m², variando da quantidade, qualidade, e tempo da safra de cada vendedor, sendo considerado um valor bem baixo, sendo a grama que apresenta melhor relação de custo/ benefício do mercado. Após a elaboração da planta baixa da área onde será coberta com telhado verde, e o detalhamento do sistema a ser instalado, foi obtido 20 m² de telhado verde, com uma inclinação de 2%. A vegetação determinada para o telhado foi a grama esmeralda.

Os componentes de projeto trazidos na Tabela 7, apresentam a cobertura do telhado verde por m², a laje, impermeabilização da superfície com manta asfáltica protegida com filme de alumínio gofrado (espessura 0,8mm) inclusa a aplicação de emulsão asfáltica E=3mm; Dreno com Manta Geotextil 400 g/m²; Plantio de grama esmeralda em rolo e o Insumo vegetal (terra vegetal – granel).

4.6 CUSTO DO SISTEMA E INSTALAÇÃO

Com a finalidade de garantir o bom funcionamento do projeto, é essencial ter uma calha de qualidade. Pois uma falha na calha pode gerar uma sobrecarga do telhado verde, gerando prejuízos, então foi feito 4 orçamentos para estimar os custos do investimento na calha, para um escoamento correto da água do telhado cerâmico, que deve ter seu destino encaminhado para não se misturar com o tratamento obtido

no telhado verde. Na Tabela 5 abaixo podemos ver o comparativo entre os orçamentos obtidos:

Tabela 5:Orçamentos x Material x Custos.

Orçamentos	Material	Valor Material	Valor mão de obra	Total
Orçamento 1	Aço galvanizado	R$ 600,00	R$ 200,00	R$ 800,00
Orçamento 2	Aço galvanizado	R$ 980,00	R$ 250,00	R$ 1230,00
Orçamento 3	Alumínio	R$ 1200,00	R$ 550,00	R$ 1750,00
Orçamento 4	PVC	R$ 480,00	R$ 300,00	R$ 780, 00

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A principal diferença entre os orçamentos está no material a ser utilizado para a criação da calha, o que impactam diretamente nas características diferentes dos produtos, como a resistência, durabilidade, custos, vedação e flexibilidade. Desta forma fica a critério do executor juntamente aos proprietários a escolha de qual material utilizar, podendo definir um orçamento a seguir, de acordo com a verba planejada para cada etapa.

Os custos e prazos para execução do telhado verde foram obtidos através de um orçamento com uma empresa local, e para fins de comparação, foi obtido o valor pela SINAPI (2018), na Tabela 6 pode-se observar a diferença de valores, visto que a SINAPI é a tabela com os custos dos principais insumos da construção civil.

Tabela 6:Comparativo de Orçamentos.

Orçamento	Und	QTD	Valor	Unt	Total
Sinapi	m²	20	R$	192,11	3.842,20
Empresa local	m²	20	R$	277,19	5.543,80

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Note que na Tabela 6 os valores da empresa local são superiores à do SINAPI pelo fator de ser uma novidade no mercado brasileiro, a demanda vem crescendo aos poucos, porém a oferta ainda é baixa, pois poucas empresas sabem aplicar a técnica, assim, gerando dificuldade de encontrar mão-de-obra especializada, o que ajuda a encarecer os custos, além de um aproveitamento da situação do mercado. A partir do momento que este sistema for mais utilizado nas edificações, a tendencia é de que os valores para aplicação da técnica baixem, pois a oferta e a demanda irão se equilibrar.

A composição do telhado verde apresentada pelo SINAPI (2018) pode ser analisada abaixo, na Tabela 7, detalhando cada etapa para uma cobertura verde em laje pré-moldada.

Tabela 7:Detalhamento de etapas do telhado verde, segundo SINAPI.

Composição	Laje	Impermeabilização	Drenagem	Estabilização	Grama	Terra
Código	74202/001	73753/001	83683	73881/003	85180	7253
Unidade	m²	m²	m³	m²	m²	m³
Valor	R$ 66,85	R$ 77,15	R$ 126,78	R$ 10,84	R$ 13,89	R$ 107,14
Consumo	1	1	0,1	1	1	0,1
Subtotal	R$ 66,85	R$ 77,15	R$ 12,67	R$ 10,84	R$ 13,89	R$10,71
Total	R$ 192,11					

Fonte: Sinapi (2018).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As construções sustentáveis estão gradativamente mais presentes no cenário atual da construção civil. O presente trabalho mostra a opção da aplicação do telhado verde que vem se tornando uma realidade cada vez mais comum para as construções em residências ou prédios comerciais, conscientizando cada vez mais a população de que é importante a aplicação do telhado verde ou outros métodos sustentáveis contribuindo com o meio ambiente.

Este trabalhou analisou a composição do telhado verde, tipos, propriedades, custos, benefícios que ele traz para o ambiente e para a estrutura ajudando a resolver problema de infiltração, a residência de estudo possui uma área de 313,6m² com uma área de 20m² para uma aplicação de telhado verde do tipo extensivo. Para a aplicação em uma área de 20m² terá um custo de R$5.543,80. Inicialmente a análise da vazão de projeto resultou em 33,15 L/min, com a aplicação do telhado verde terá uma redução na vazão de 14,14 L/min fazendo com que o telhado verde gere uma produtividade de aproveitamento de 42,65% da vazão de chuva calculada. Visto que toda essa água iria diretamente aos coletores públicos, em uma grande escala reduziríamos em mais de 40% a chance de uma possível cheia no mesmo.

Na residência de estudo, utilizamos uma área de captação de 50,50 m², conforme descrito no capítulo 3. Nessa área, dimensionamos uma calha específica, denominada A1, com o propósito de colher o excesso de água que iria escoar direto no telhado verde. Essa subdivisão foi desenvolvida com o objetivo de aliviar a carga que chega à laje, evitando que o telhado verde fique submerso durante períodos de chuvas intensas. Tal medida contribui para a eficiência e o bom funcionamento do sistema de drenagem do telhado verde. A calha na área A1 desempenha um papel crucial ao direcionar o excedente de água para o destino adequado, prevenindo danos e assegurando a durabilidade do telhado verde em condições climáticas adversárias.

Em relação aos telhados convencionais a revisão da literatura demonstrou que o telhado verde tem um maior, conforto térmico, acústico, diminuição das ilhas de calor. Em termos de durabilidade seu tempo é reduzido pois a vegetação tem uma vida útil, ainda não foram encontrados estudos que avaliem a durabilidade verificando quanto tempo a vegetação suporta. Na literatura pesquisada foi possível identificar que a temperatura pode variar de 1,7º até 3,9º obtendo uma redução em 10% nos custos do sistema de ar-condicionado, no inverno ajuda manter a temperatura ambiente agradável, contudo dá uma estética mais bonita para o ambiente. Além de

que ao aplicar o telhado verde, uma parte da água da chuva fica retida, diminuindo a quantidade que irá escoar para os coletores públicos.

Para sugestão de trabalhos futuros, projetar uma cisterna para captação de água da chuva, podendo ser feito o aproveitamento tanto da calha projetada para evitar sobrecarga do telhado verde, como do próprio, tendo duas fontes de coleta, para uso de fins não potáveis como, lavar calçadas, carros, limpar casa e regas de plantas. Outra possível sugestão seria fazer a análise da variação de temperatura obtida com e sem o telhado verde, através do uso de um termômetro digital temporizado, obtendo a temperatura interna de telha de ambas as variações. Implementando um projeto de casa super sustentável, pode-se usar também os telhados para captação de energia solar.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, E. Z. et al. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. São Paulo, SP. XII Congresso Mundial de Segurança e Meio Ambiente, 2012.

ANVERSA, Giseli. **Telhado Verde – Vantagens e desvantagens**. SIERGE-Ecotelhados, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: **Instalações prediais de água pluviais**. Rio de Janeiro 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9574:2008 **Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro 2008.

AT ARQUITETURA. **Do gramado à floresta, saiba como utilizar os telhados verdes nas cidades,** 2019.

BALDESSAR, S.M.N. **Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada**,2012.

BENETTI Paisagismo. **Telhado Verde.**

BEZERRA, Karina. **Os Jardins Suspensos da Babilônia**, 2013.

BRASIL. **Lei nº5026** de 17 de setembro de 1965. **Cria o Município de Alvorada**.

CADORIN, A. C.; MELLO, N. A**. Efeitos da Impermeabilização dos Solos Sobre a Arborização no Município de Pato Branco**. Revista Synergismuss cyentifica UTFPR. Pato Branco, n° 6. 2 0 11.

CARVALHO, R, C,J. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**.4ª edição. São Paulo: Blucher,2020.

CLIMATE DATA. **Clima Alvorada**,2022.

COBERTURA VERDE. **Arquitetura Sustentável**, 2017. Disponível em: < https://www.celinalago.com.br/2017/01/cobertura-verde.html>. Acesso em 01 out de 2022.

CORSINI, R.**Telhado verde. Infraestrutura** urbana, 2011.

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. **Telhado verde: Redução e retardo do escoamento superficial**. Revista de estudos ambientais, Blumenau.

COSTA, T.L. **Telhado Verde da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais: uma abordagem técnica e financeira**, 2019.

DILLY, D, P, A. **Tratado sobre o Sistema de Telhado Verde Extensivo para Cobertura Planas em Edificações de Pequeno e Médio Porte**, 2016.

FERRAZ, I.L. **O Desempenho Térmico de um Sistema de Cobertura Verde em Comparação ao Sistema Tradicional de Cobertura com Telha Cerâmica**, 2012. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

GONÇALVES, O.M; OLIVEIRA, L.H. **Sistemas Prediais de Águas Pluviais**, 1998.

Green Roof Association, 2012. Green Roof Types.

HENEINE, M, C, A, S. **Cobertura Verde**, 2008.

JACQUES, Elis. **Rede de Fast-Food Adota Ecotelhado em Franquia**, 2013.

LOPES, T. V. **Telhado verde, energia embutida e emissão de CO2: Uma análise comparativa a sistemas de cobertura convencionais.** 2014. 93 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LUCIANO, A. **Bom para todo mundo**, 2020.

NETO, Geraldo S, L. Teto Verde: Construção Sustentável e Reaproximação do Homem a Ambientes Verdes em Manaus, 2018.

NETO, Geraldo S, L. Teto Verde: **Construção Sustentável e Reaproximação do Homem a Ambientes Verdes em Manaus**, 2018.

PARDIM, R. **Grama Esmeralda**. 2020.Central da Grama, 2020. Disponível em: < http://www.centraldagrama.com/grama-esmeralda>.

PDDU**. Plano diretor de drenagem urbana de Porto Alegre,** Vol. VI, Porto Alegre, setembro/2005.

PEDROSA, I, S. **Comparativo entre os Coeficientes de Escoamento de um Telhado convencional e um Telhado Verde**, 2021.

POUEY, M. T. F. **Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas – Vegetação e Terraço.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

QUINTELLA, M, T. **A Origem dos Telhados Verdes**, 2012.

RIGHI, D, P et.al. **Cobertura Verde: Um uso Sustentável na Construção Civil**,2016.

ROLA, S.M. **Naturação, água e o futuro das cidades no contexto das mudanças ambientais globais**. Rio de Janeiro: XVII Congresso Brasileiro de Arquitetos, 2003.

ROSA, M. **Primeiro ônibus com sistema de telhado verde circula em Nova York**, 2010.Ciclo Vivo.

SACRAMENTO, Tatiana. **Telhado Verde: Entenda como funciona, tipos, benefícios**, 2020.

SILVA, D.D et al. Equação de Intensidade-Duração-Frequência da Precipitação Pluvial para o Estado de Tocantins, 2003.

SILVA, N. C. **TELHADO VERDE: SISTEMA CONSTRUTIVO DE MAIOR EFICIÊNCIA E MENOR IMPACTO AMBIENTAL**, 2011. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

SOUSA, R, E et.al. **Telhados verdes: alternativa sustentável em arquitetura de residências unifamiliares**. 6º Simpósio de Sustentabilidade, 2018.

SOUZA, Kym; Coelho, Yeska. **Sustentabilidade: Telhado Verde: O que é e quais as vantagens**. Salvador: Casacor, 2021

SUSTENTABILIDADE – TELHADO VERDE. **Arquimood**, 2015. Disponível em: https://arquimood.wordpress.com/2015/06/08/sustentabilidade-telhado-verde/>. Acesso em: 01 out de 2022.

TACLA, Z. **O livro da arte de construir**. São Paulo: Unipress Editorial Lda., 1984

TASSI, R et.al. **Telhado Verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**, 2014.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. dá S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**, 2013.

TOMAZ, P. **Cobertura Verde**,2008.

TREBILCOCK, M. E. **Appropriate technologies for the design of green roofs**. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DE ARQUITETURA E URBANISMO-NUTAU. Anais... São Paulo: Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo, 1998.