

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VALÉRIA PEREIRA DE SOUZA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO  
ACÚMULO DE PRECIPITAÇÃO DA COBERTURA VERDE EM  
RELAÇÃO AO TELHADO CONVENCIONAL: Desenvolvimento de  
Protótipo para Estudo de Balanço Hídrico**

CAMPO MOURÃO

2019

VALÉRIA PEREIRA DE SOUZA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO  
ACÚMULO DE PRECIPITAÇÃO DA COBERTURA VERDE EM  
RELAÇÃO AO TELHADO CONVENCIONAL:** Desenvolvimento de Protótipo  
para Estudo de Balanço Hídrico

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Profa. Dra. Paula Cristina De Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Fleischfresser

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



## TERMO DE APROVAÇÃO

### Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO ACÚMULO DE PRECIPITAÇÃO DA COBERTURA VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO CONVENCIONAL: Desenvolvimento de Protótipo para Estudo de Balanço Hídrico**

por

**Valéria Pereira de Souza**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17h55min do dia 06 de Dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Vera Lucia Barradas Moreira**

( UTFPR )

**Prof. Dr. Roberto Widerski**

( UTFPR )

**Prof. Dr. Luciano Fleischfresser**

( UTFPR )

**Co-orientador**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Paula Cristina de Souza**

(UTFPR)

***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza**

In memória a minha amada  
e doce avó Florência Torquato  
de Souza, meu exemplo de força  
e garra.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, pela minha vida e por permitir que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Marcos Antônio e Rozineide, por sempre batalharem e me incentivarem a ir em prol dos meus sonhos, e como o meu pai diz: “Darei aos meus filhos, o estudo e a oportunidades que eu não tive”, sou eternamente grata por me proporcionarem tudo isso, e ver que as minhas realizações são alegrias para vocês.

A minha irmã Vanessa, por sempre estar ao meu lado e ser exemplo de que as filhas do padeiro voam longe, você me inspira. E ao meu irmão, Marcos Vinicius, por ajudar os nossos pais na luta diária na padaria, você é uma alegria nas nossas vidas.

Aos meus familiares que me incentivaram aos estudos e de alguma forma contribuíram para a minha formação.

As minhas companheiras de república, Andreza e Nathália, por me aguentarem e me ajudarem em momentos difíceis, levarei comigo todas as coisas que aprendemos uma com as outras nesses anos de convivência.

Ao meu companheiro de estudos e eterno amigo, João Carlos, por sempre desprender seu tempo para me ajudar.

Ao meu co-orientador, Luciano Fleischfresser, por toda dedicação, ensinamento e ajuda na elaboração e desenvolvimento do presente estudo.

Aos que me ajudaram em diversas etapas dessa pesquisa, Andreza, Guilherme, Arthur, Victor, em especial ao Maiko Cristian Sedoski técnico de laboratório, pela paciência e apoio.

A professora, Paula Cristina, por sua orientação nesse trabalho.

Aos professores da UTFPR Campo Mourão, por todo conhecimento repassado nesses anos de graduação.

A todos amigos que fizeram parte dessa jornada em Campo Mourão, o apoio de vocês foram de suma importância para que eu conseguisse chegar nessa reta final, em especial meu eterno amigo Guilherme, minha infinita gratidão.

## RESUMO

A crescente urbanização transforma os centros urbanos em áreas impermeabilizadas, alterando o ciclo hidrológico que tem como uma das consequências as enchentes. Neste contexto ações em prol de minimizar esses efeitos vêm sendo cada vez mais ressaltadas, como por exemplo a implantação da cobertura verde, foco deste trabalho. Para o estudo foi produzido um módulo de telhado verde e todo o sistema de coleta de água em reservatórios, já para a análise dos dados foram utilizados tanto os dados coletados pelo acúmulo de água dos reservatórios, quanto os dados catalogados pela estação meteorológica. Foi analisado um total de 6 eventos de chuva em circunstâncias de clima e condições de solo diferentes, no entanto, apenas 3 foram possíveis calcular a eficiência de retenção com os dados da estação meteorológica. Mesmo com poucas análises, os resultados alcançados no trabalho foram os esperados, onde mostra que o telhado verde traz um retardo no escoamento superficial de águas pluviais satisfatório.

**Palavras-Chaves:** Captação de chuva, Eventos pluviométricos, eficiência, Telhado verde, Retenção de água.

## **ABSTRACT**

Increasing urbanization transforms urban centers into sealed areas, altering the hydrological cycle that has one of the consequences as floods. In this context, actions to minimize these effects have been increasingly emphasized, such as the implementation of green coverage, focus of this work. For this study was produced a green roof module and the entire water collection system in the reservoirs, while for the data analysis were used both the data collected by the reservoir water calculation and the data cataloged by the weather station. A total of 6 rainfall events were analyzed under different weather and ground conditions, however, only 3 were possible to calculate retention efficiency with weather station data. Even with little analysis, the results achieved in work they were expected, where shows that the green roof delays the runoff of satisfactory rainwater.

**Keywords:** Rainfall, Rainfall events, efficiency, Green roof, Water retention.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Comparativo do retardo das vazões das superfícies lisa e vegetada (inclinação 15%).
- Figura 2 – Sistema de telhado verde convencional
- Figura 3 – Exemplo de telhado verde extensivo
- Figura 4 – Exemplo de telhado verde intensivo
- Figura 5 – Exemplo de telhado verde semi-extensivo
- Figura 6 – Localização do desenvolvimento do trabalho
- Figura 7 – Protótipo de casa
- Figura 8 – Esquema da disposição dos módulos
- Figura 9 – Caixote de madeira para montagem dos módulos do telhado verde
- Figura 10 – Caixotes após a aplicação do prime impermeabilizante
- Figura 11 – Princípio do sistema de drenagem
- Figura 12 – Posicionamento da tela de filtragem
- Figura 13 – Telhado verde finalizado
- Figura 14 – Sistema de coleta de água do telhado verde
- Figura 15 – Sistema de coleta de água do telhado de convencional
- Figura 16 – Visor de nível volumétrico
- Figura 17 – Evolução temporal E01
- Figura 18 – Evolução temporal E02
- Figura 19 – Evolução temporal E03
- Figura 20 – Evolução temporal E04
- Figura 21 – Evolução temporal E05
- Figura 22 – Evolução temporal E06
- Figura 23 – Análise da eficiência E01
- Figura 24 – Análise da eficiência E02
- Figura 25 – Análise da eficiência E04



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Relação entre o tipo do telhado e seu peso

Tabela 2 – Eventos de chuvas

Tabela 3 – Condição do solo nos eventos coletados

Tabela 4 – Eficiência média dos telhados

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
cm	Centímetro
dB	Decibéis
E01	Evento 01
E02	Evento 02
E03	Evento 03
E04	Evento 04
E05	Evento 05
E06	Evento 06
h	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGRA	The International Green Roof Association
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
l	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
mim	Minuto
ml	Mililitro
m <sup>2</sup>	Metro Quadrado
US\$	Dólar dos Estados Unidos da América

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>5</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Telhado Verde.....</b>	<b>7</b>
4.1.1 Composição do telhado verde.....	9
4.1.1.1 Camada de Impermeabilização.....	10
4.1.1.2 Camada de Drenagem .....	10
4.1.1.3 Camada Filtrante .....	10
4.1.1.4 Camada de Substrato.....	10
4.1.1.5 Camada de Plantas .....	11
4.1.2 Tipos de Telhado Verde .....	11
4.1.2.1 Extensivo.....	11
4.1.2.2 Intensivo .....	12
4.1.2.3 Semi-extensivo.....	13
4.1.3 Definição da Estrutura do Telhado Verde.....	13
4.1.4 Políticas de Incentivo ao Telhado Verde .....	14
<b>5 METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Características da área de estudo .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Construção dos protótipos .....</b>	<b>18</b>
5.2.1 Produção do módulo do telhado verde.....	18
5.2.2 Montagem do telhado verde.....	22
5.2.3 Instalação do sistema de coleta de água .....	23
5.2.3.1 Protótipo telhado verde .....	23
5.2.3.2 Protótipo telhado de convencional .....	24
<b>5.3 Coleta de dados pluviométricos e quantitativos do volume acumulado ...</b>	<b>25</b>
<b>6 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Coleta de dados.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2 Análise da evolução temporal do acúmulo de precipitação.....</b>	<b>28</b>
<b>6.3 Comparativo da eficiência dos telhados .....</b>	<b>33</b>

<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>7.1 Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento habitacional nos grandes centros sociais provenientes ao crescimento no número da população urbana, ocasionam a redução de áreas permeáveis, impedindo cada vez mais a percolação das águas pluviais no solo. Evidentemente essa modificação no ciclo hidrológico tem sido a motivação de muitos problemas vividos hoje pela sociedade, como, erosões, enchentes e ilha de calor.

As soluções para a redução desses problemas estão pautadas em modificações estruturais, em particular, soluções para enchentes são sistemas de drenagem que acabam transferindo a inundação de um pouco para o outro, uma ação local, que atua sobre o efeito e não sobre a causa.

Em paralelo, os pensamentos em torno de soluções sustentáveis são cada vez mais pontuais no mercado, visando sempre métodos viáveis economicamente, o que potencializa a ideia da aplicação de técnicas ecológicas, como por exemplo, o telhado verde, que além da sua função arquitetônica, ajuda na conservação das taxas de permeabilidade, reduzindo a obstrução do ciclo da água.

O telhado verde tem como característica a aplicação de cobertura vegetal nas edificações, o que consiste basicamente em um sistema em camadas, sendo uma de vegetação, uma de substrato e uma camada de drenagem, sendo que, para interligá-lo à edificação, é necessário o uso de algum método de impermeabilização.

Decerto que a população brasileira hoje está disposta em sua maioria nos centros urbanos, o que segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) representa 84% da população e que em decorrência a isso surge uma série de adversidades, inclusive problemas ambientais, no entanto, questões vivenciados hoje pela sociedade urbana em virtude a escassez de vegetação podem ser eventualmente reduzido com a utilização da cobertura verde em edifícios comerciais e residências, porém, por ser uma aplicação nova no Brasil gera algumas indagações a cerca disso, isto é, sua eficiência. Logo, esse estudo busca entender a eficiência quantitativa de retenção de água do telhado vivo, além de apresentar as demais vantagens dessa solução construtiva.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a redução do escoamento superficial em telhado verde extensivo comparado ao telhado convencional de fibrocimento, visando analisar a eficiência de retenção de ambos a eventos de chuvas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver um protótipo de cobertura verde localizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão;
- Verificar a evolução temporal do acúmulo de precipitação escoada em um telhado de fibrocimento;
- Verificar a evolução temporal do acúmulo de precipitação escoada em uma cobertura de telhado verde;
- Analisar a eficiência dos telhados, verde e fibrocimento em eventos de chuva;
- Comparar a evolução temporal do acúmulo de precipitação de ambos os telhados;
- Comparar a eficiência de retenção de ambos os telhados em evento de chuva.

### 3 JUSTIFICATIVA

Um dos problemas vivenciados atualmente no Brasil são as inundações nos grandes centros urbanos, proveniente a aglomeração de áreas impermeáveis, o que acarreta a insuficiência de áreas permeáveis. Esse cenário é decorrente a falha no planejamento da infraestrutura urbana que resulta em problemas de regularização do sistema de drenagem nas médias e grandes cidades do País.

Devido a concentração urbana, os meios existentes para se conter as inundações, como canalizações, diques com bombeamento, reversões, barragens, entre outros, apresentam um custo elevado, o que dificulta a tomada de iniciativa dos órgãos responsáveis pela gestão das águas pluviais. Além de que a solução mais implantada nessa situação, é a canalização de trechos críticos, desprezando as implicações causadas no restante da bacia, o que altera apenas a localização de onde se concentra a inundação (TUCCI, 2002), reforçando assim a importância de novas concepções de saídas para esse impasse.

Uma possível solução está associada a infraestrutura verde implantada em regiões que apresentam esse impasse, a qual sua cobertura verde restaura a permeabilidade reduzida pelas edificações, aumentando assim a absorção das águas pluviais, conseqüentemente reduzindo o pico do escoamento superficial de água no sistema de drenagem.

Burszta-Adamiak (2012) afirma em seu estudo realizado no prédio da Universidade de Ciências da Vida e Meio Ambiente, na Polônia, que a retenção média do telhado verde, variou de 82,5% a 85,7%, considerando 153 eventos de chuvas, além disso, a retenção da cobertura verde pode chegar a 100% para precipitações de até 1 mm/dia.

Carter e Rasmussen (2006) mostram em seus estudos realizados na Universidade da Geórgia que a retenção do telhado verde varia de acordo com a precipitação, no entanto, no pior caso onde a precipitação é superior a 76,2 mm a retenção da cobertura verde é de aproximadamente 50%. Outro ponto importante é que o escoamento do telhado verde teve um retardo de em média 34,9 minutos.

Esses resultados mostram a eficiências do telhado verde no controle do volume das águas pluviais, pois, contribuí para a redução do escoamento superficial, reduzindo a obstrução das redes de drenagem em eventos de chuvas (TASSI et al, 2014).

Nessa perspectiva o trabalho avaliará os benefícios provenientes da cobertura verde em comparação ao tipo de cobertura mais tradicional, o telhado de fibrocimento, com relação à aplicabilidade em reduzir o pico do escoamento superficial em um evento de chuva. Além de elucidar o tema ao setor da construção civil, com o intuito de alinhar as propostas da engenharia civil com soluções que valorizam o meio ambiente.



## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 Telhado Verde

A técnica arquitetônica conhecida como telhado verde consiste na implantação de vegetação sobre a cobertura de uma edificação, o que possibilita minimizar os impactos ambientais causados pelo excesso das construções e falta de vegetação principalmente nos grandes centros urbanos.

O cenário natural é apenas um predicado dentro do abundante número de argumentos para a aplicação do telhado verde. Segundo a The International Green Roof Association (IGRA) (2015) “nenhum outro estilo arquitetônico fornece uma ampla gama de efeitos positivos para edifícios, habitantes e o meio ambiente.”

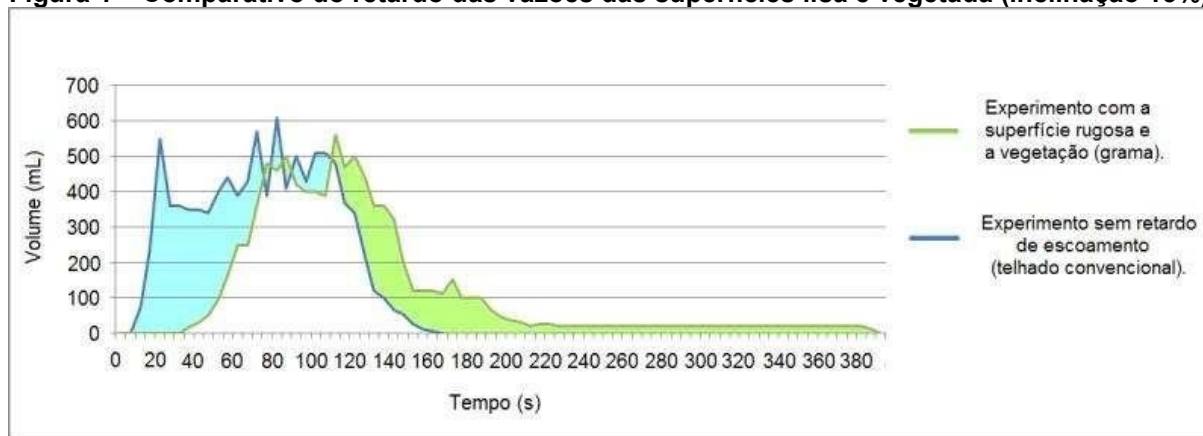
As camadas existentes na cobertura verde agem como uma barreira acústica, formando assim um isolante, onde reduz o volume da sonoridade emitido dos centros urbanos (BALDESSAR, 2012). Segundo a IGRA (2015) a redução de ruídos pode chegar em até 3 decibéis (dB) e, além disso, o sistema pode melhorar a repercussão do som no interior do ambiente em até 8 dB, fornecendo assim ao ambiente um melhor isolamento acústico, o que fomenta a relevância dessa construção verde na vida das pessoas que habitam em grandes centros urbanos, onde se caracterizam pela grande poluição sonora.

A principal diferença térmica entre a zona rural e a urbana está relacionada a ilha de calor formada no ambiente urbano, que se dá decorrente as mudanças das superfícies, dos materiais, da rugosidade, da densidade, permeabilidade do solo, contaminação do ar, formação local de calor (ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011). O telhado paisagístico além de servir como escudo térmico onde reduz a temperatura interna da edificação, é uma alternativa para a redução do efeito ilha de calor caracterizado pela elevação da temperatura em aglomerações urbanas devido ao aquecimento global. Esse efeito pode chegar a uma variação de temperatura de até 10 °C (graus) no verão. Assim também o uso desse sistema de telhado possibilita o processo de transpiração e umidificação do ar, o que em consequência a isso, há uma redução no efeito ilha de calor (IGRA, 2015).

Dentre todas as vantagens promovidas por sua aplicação, a retenção de águas pluviais é a mais pertinente, onde os resultados apresentados pelo sistema de cobertura verde são eficientes e aplicáveis ao cenário dos grandes centros urbanos,

a qual convivem com um número eminente de enchentes em decorrência do sistema precário em captação de água. Isso ocorre em razão da capacidade que as plantas têm em absorver, armazenar e transpirar grande parte da água. Como exemplifica a Figura 1, onde mostra que a água fica mais tempo retida no telhado verde em relação ao telhado convencional.

**Figura 1 – Comparativo do retardo das vazões das superfícies lisa e vegetada (inclinação 15%)**



Fonte: Costa, J., Costa, A. e Poletto, C. (2012)

Em comparação a outros estudos a IGRA (2015) afirma que, o escoamento de água pode ser reduzido em 50% a 90% dependendo do sistema de telhado implantado e a profundidade do meio de cultura, onde a grande parte dessa água retorna ao ciclo hidrológico pela transpiração do telhado.

Além disso, esse tipo de telhado permite pensar em novos meios de gerenciar as águas pluviais, onde dependendo do sistema implantado, pode-se introduzir um processo de captação de água, na qual o escoamento do telhado pode ser direcionado para um reservatório por meio de calhas e canos, onde o proprietário tem a opção de reutilizar no seu dia a dia, para funções que não exijam o uso de água potável.

Outros benefícios do telhado verde incluem a retenção de poeira, aumento da vida útil do telhado, bem como a introdução de um novo ambiente para a flora e fauna. Em suma, IGRA (2015) leva em consideração que a relação de custo a curto prazo, não é um argumento plausível para se definir se a aplicação da cobertura verde é viável ou não, já que embora o custo inicial do telhado convencional seja inferior ao do telhado verde, os custos a longo prazo com manutenção e reparo de telhados convencionais são maiores que do telhado vegetal. Vale salientar ainda que a importância do telhado como parte de uma estrutura de uma edificação, faz ressaltar

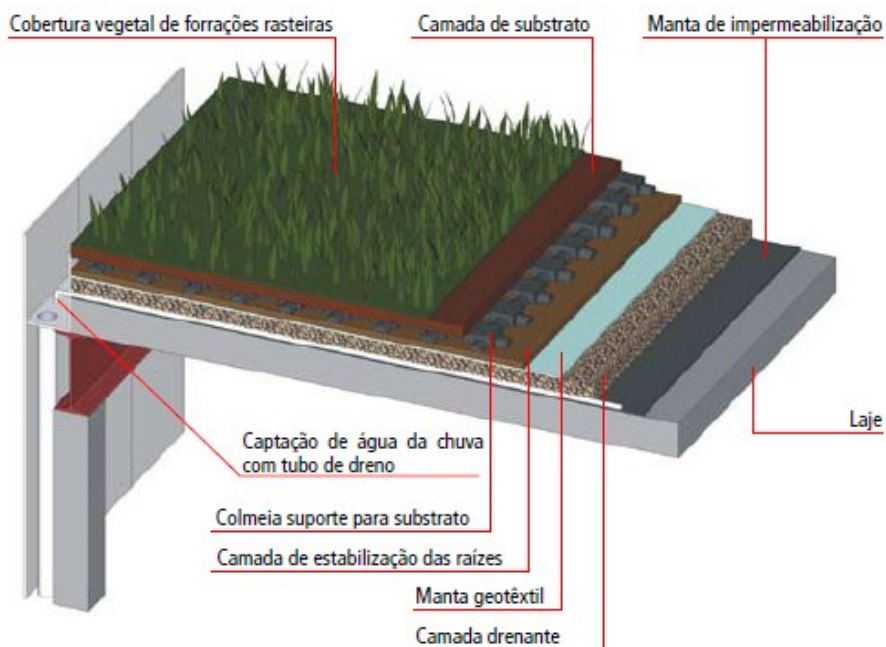
a relevância da tomada de iniciativas que resguardem a qualidade e vida útil desse elemento, o que pode acarretar elevação do custo inicial do mesmo.

Antes de mais nada Heneine (2008) salienta que coberturas em áreas urbanas, são em sua maioria não utilizadas, e se a capacidade de receber carga é suficiente, a área pode ser planejada desde uma superfície verde rasteira a um espaço de recreação, instigando assim o bem-estar dos proprietários, e a mútua ajuda ao meio a qual ele está inserido.

#### 4.1.1 Composição do telhado verde

A prática é fundamentada em uma subdivisão de camadas, a qual cada uma exerce uma função imprescindível para a eficácia da cobertura, onde essas camadas compõem um sistema que se inicia desde o processo de impermeabilização da laje até a aplicação da flora, como sugere o modelo ilustrativo a seguir:

**Figura 2 – Sistema de telhado verde convencional**



Fonte: Nascimento (2016)

#### 4.1.1.1 Camada de Impermeabilização

A camada de impermeabilização é responsável por proteger a laje da umidade e das raízes, evitando assim possíveis infiltrações e danos à construção. Segundo a IGRA (2015), se a impermeabilização não for resistente à raiz é necessário a instalação de uma barreira protetora para conter a penetração das raízes na laje. Vale ressaltar que essa é a parte a qual se deve deter maior atenção, pois sua má formação e estudo pode trazer prejuízos expressivos a estrutura da edificação.

#### 4.1.1.2 Camada de Drenagem

Em sequência é introduzido uma camada de drenagem que gere a água em excesso do sistema para uma tubulação evitando assim o do substrato fique encharcado. De acordo com Heneine (2008) a camada é responsável pelo armazenamento de água e espaço para ventilação do sistema, e devido às restrições de peso do telhado a camada de drenagem é feita de matérias leves como borracha ou plásticos, podendo também ser utilizados cascalho, lava, argila expandida ou resíduos de telha.

#### 4.1.1.3 Camada Filtrante

Uma camada de filtragem é introduzida entre a drenagem e o substrato visando assim assegurar que a camada de drenagem não seja corrompida com lodo, ou qualquer substância que possa obstruir a passagem da água nos canos. Só então é implantada a camada de substrato, a qual sua espessura deve ser de acordo com a necessidade de espaço imposta pelas raízes das plantas a serem locadas na cobertura (IGRA, 2015).

#### 4.1.1.4 Camada de Substrato

A camada de substrato varia de acordo com o tipo de telhado a ser implantado, pois, está diretamente relacionado a profundidade a qual as raízes das plantas

alcançam. Assim como para Baldessar (2012) o substrato precisa ser apto em umidade e nutrientes a qual as plantas inseridas ao sistema requerem.

Além disso, outros critérios devem ser adotados na escolha do solo, como o tamanho dos grãos, a proporção do material orgânico, a resistência ao frio e geadas, estabilidade estrutural, a resistência à erosão, a permeabilidade da água, a máxima capacidade de retenção de água, a aeração e um bom PH (HENEINE, 2008).

#### 4.1.1.5 Camada de Plantas

A cobertura vegetal exerce a função de reter uma fração da chuva, para que não entre em contato diretamente com a camada de substrato. Além disso, ela auxilia na retenção da água por meio do processo de evapotranspiração, onde a água retorna a atmosfera, e ao retardamento do escoamento superficial, quando o substrato encontra-se saturado (TASSI et al., 2014).

Castro (2011) afirma ainda que, “Para a maioria dos climas, os telhados verdes precisam ser compostos por espécies de plantas tolerantes à falta de precipitação. Caso contrário, um sistema de irrigação precisará ser adotado para não comprometer a vegetação”.

#### 4.1.2 Tipos de Telhado Verde

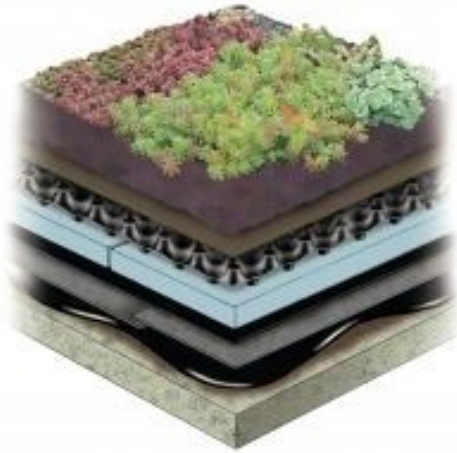
Decorso da vasta diversidade de plantas, os telhados verdes são classificados por autores como Heneine (2008), Ferraz (2012): extensivo, intensivo e semi-extensivo.

##### 4.1.2.1 Extensivo

O telhado verde extensivo é usado apenas como uma camada de proteção ecológica (Figura 3). Em suma é formado por plantas de espécies rústicas e rasteiras, como grama. Nesse tipo de cobertura a espessura do substrato varia de 6 a 20 centímetros (cm) e a inclinação da cobertura pode chegar até 45°, desde que haja uma malha estrutural para estabilizar o solo (FERRAZ, 2012).

Segundo Baldessar (2012) caracteriza-se por um baixo custo de manutenção, com pouca ou nenhuma irrigação e adubação.

**Figura 3 – Exemplo de telhado verde extensivo**



**Fonte: American Hidrotech, (2015)**

#### 4.1.2.2 Intensivo

Já no telhado verde intensivo pode ser empregado plantas desde arbustos a árvores e sua função diverge de um pequeno jardim até parques e passarelas (Heneine, 2008). Esse sistema de telhado permite uma ampla possibilidade de projetos a serem empregados. No entanto, seu custo é alto e necessita de uma alta manutenção assim com uma irrigação regular (Baldessar, 2012). Em virtude da presença de plantas de grande porte, o substrato nesse modelo de telhado varia de 10 cm a 1,20 metros (m) de espessura (Figura 4) e diferente dos demais tipos de telhado verde o intensivo não deve ser executado com inclinação, pois devido à grande espessura do substrato pode haver deslizamentos (FERRAZ, 2012).

**Figura 4 – Exemplo de telhado verde intensivo**



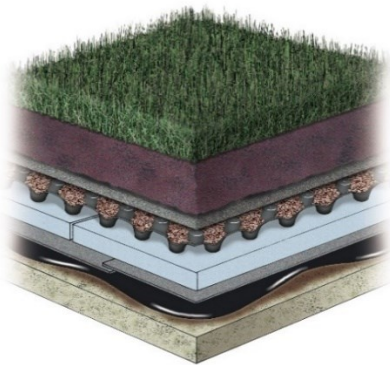
**Fonte: American Hidrotech, (2015)**

#### 4.1.2.3 Semi-extensivo

O Semi-extensivo se caracteriza, segundo Ferraz (2012), por um nível de profundidade do substrato entre 12 a 20 cm, um pouco maior que a do extensivo, permitindo assim introduzir desde gramas a arbustos de porte médio, possibilitando assim um maior número de projetos (Figura 5).

Esse tipo de cobertura já apresenta um custo razoável, pois o mesmo depende de manutenção e irrigação periódica. No entanto, devido ao aumento da profundidade no nível de substrato comparado com o telhado verde extensivo, ele possibilita uma maior variedade de projetos de paisagismo, já que consegue abranger um maior número de plantas (HENEINE, 2008).

**Figura 5 – Exemplo de telhado verde semi-extensivo**



Fonte: American Hidrotech, (2015)

#### 4.1.3 Definição da Estrutura do Telhado Verde

Para a aplicação do telhado verde é imprescindível uma análise da estrutura que será disposto o telhado. Essa análise é tida como base para se especificar o tipo de cobertura mais factível na edificação, levando principalmente em consideração seu peso. Como mostra a Tabela 1, pode variar de acordo com os tipos.

**Tabela 1 – Relação entre o tipo do telhado e seu peso.**

	<b>Extensivo</b>	<b>Intensivo</b>	<b>Semi-extensivo</b>
Peso	60 – 150 Kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 Kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 Kg/m <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado IGRA (2015)

A carga de peso é a somatória de todos os pesos dos componentes envolvidos no telhado por metros quadrados (m<sup>2</sup>), exceto apenas o peso do sistema de impermeabilidade e o da laje que são desconsiderados.

Esta ampla variação ocorre em especial por causa da quantidade necessária de substrato que cada vegetação requer. Além disso, vale salientar que para se calcular o peso referente a cada tipo de telhado verde é levado também em consideração tanto o peso das plantas adultas quanto o peso do solo molhado. Pois, neste caso o peso da terra é superior ao peso do mesmo substrato seco. Segundo Basso (2013) isso ocorre devido à grande capacidade de retenção de água que o coberto verde possui.

Devido ao peso da vegetação, o sistema apresenta limitações, na qual para sua aplicação é essencial um estudo do ambiente a ser implementado. Em razão disso com o aumento da carga na estrutura o seu uso pode não ser viável em construções já concebidas (CASTRO, 2011). Para Heneine (2008), a definição, sobre qual tipo de cobertura é viável, tem relação direta com a capacidade de carga da estrutura da cobertura da construção e isso deve ser considerado para analisar se a estrutura já existente é suficiente ou será necessário um reforço estrutural para suportar a carga do telhado verde. Já em edificações novas, esse complemento na capacidade de carga da cobertura pode ser previsto na etapa de projeto, o que gera menos custo e impasses para a implantação da cobertura verde.

Apesar disso, pode-se direcionar um sistema de telhado verde extensivo, a qual tem uma menor carga de peso decorrente a sua fina camada de substrato requisitada e geralmente se enquadra na capacidade de carga das estruturas de coberturas existentes.

#### 4.1.4 Políticas de Incentivo ao Telhado Verde

Devido aos benefícios apresentados pela cobertura verde, diversos países já vem implantando políticas de incentivo ao uso dessa opção, em virtude de que o sistema da cobertura verde pode ser implantado sem o auxílio de órgãos públicos, dependendo apenas da iniciativa dos proprietários, e que além de sustentável, seus benefícios são de extrema aplicabilidade em grandes centros urbanos.

Na Alemanha, país pioneiro a desenvolver coberturas verdes, mais de 15% do território é coberto por telhado verde devido aos programas de incentivos presentes



em mais de 80 cidades alemãs. Toronto, Canadá é obrigatório o uso de cobertura verde em empresas com mais de 2000 m<sup>2</sup>. Em Nashville, EUA (Estados Unidos da América), é previsto que a cada metro quadrado de telhado verde, seja reduzido US\$ 10,00 na taxa de esgoto. Já em Nova Iorque, EUA o crédito fiscal é de até US\$ 100.000 ou US\$ 4,5/m<sup>2</sup>. Além desses, países como Dinamarca e Áustria também fomentam a utilização do telhado verde, por meio de leis, incentivos fiscais e/ou créditos (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

No Brasil a prática de utilização do ecotelhado como meio de reduzir problemas causados pela urbanização vem criando espaço não só pela tendência arquitetônica de construções sustentáveis, mas também pelo apoio de projetos de leis que fomentam a implantação de cobertura verde.

De acordo com a Lei Complementar Nº 18.112/2015 de Recife, Pernambuco, “os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400 m<sup>2</sup> de área de cobertura deverão prever a implantação de "Telhado Verde" para sua aprovação”. A lei prevê ainda, a construção de reservatórios para captação de água da chuva, em novos imóveis residenciais e comerciais, com área de solo acima de 500 metros quadrados e que tenha 25% do terreno impermeabilizado.

Outro seguimento de incentivo a cobertura vegetal é um desconto fiscal no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) o projeto é chamado de Programa IPTU Verde, que tem o objetivo de estimular ações do conceito de cidade sustentável, como captação e reutilização de água de águas pluviais, construções de calçadas ecológicas, sistema de aquecimento hidráulico e/ou elétrico solar, arborização de calçadas, participação da coleta seletiva, instalação de telhado verde, assim como outras ações. O Programa prevê descontos fiscais aos proprietários que optem por aderir a pelo menos uma dessas ações, mas vale salientar que ao plano do programa varia de acordo com cada cidade (LIMA, 2017).

De acordo com a Lei Municipal 235/2012 de Goiânia, o Programa IPTU Verde concede 5% de desconto fiscais a implantação do telhado verde, podendo chegar a 8% caso seja implantando junto a ele um sistema de captação de águas pluviais.

Na cidade de Santos, São Paulo, a Lei Complementar 913/2015 diz que “fica concedido incentivo fiscal aos edifícios com 3 (três) ou mais pavimentos, além do térreo, que implantarem Coberturas Verdes”. O desconto fiscal no IPTU chega a 10% para coberturas com no mínimo 80% de cobertura verde.

A política de incentivo a essa prática é uma alternativa acessível para a inversão das consequências ambientais da urbanização, além de ser uma saída viável aos responsáveis pela drenagem urbana.

## 5 METODOLOGIA DE PESQUISA

### 5.1 Características da área de estudo

O local a qual foi desenvolvido o estudo é uma área gramada aberta, isenta de sombreamento natural ou artificial, localizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus Campo Mourão, conforme ilustra a figura 6, onde indica o posicionamento dos protótipos dos telhados e da Estação Meteorológica.

Figura 6 – Localização do desenvolvimento do trabalho



Fonte: Adaptado Google Maps, (2019)

Como base para os telhados estudados foram utilizados dois protótipos de casa já instalados na UTFPR. Os protótipos (Figura 7) são feitos de estrutura de ripas de

madeira e vedação em compensado de madeira, com cobertura de telhado fibrocimento.

**Figura 7 – Protótipo de casa**



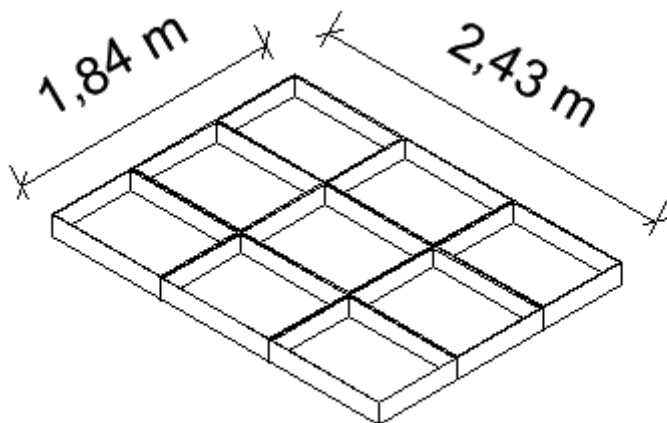
Fonte: Autoria própria, (2019)

## 5.2 Construção dos protótipos

### 5.2.1 Produção do módulo do telhado verde

Os módulos de madeira do telhado verde foram fabricadas no laboratório de madeiras da UTFPR por um responsável técnico, formando a disposição ilustrada na Figura 8 a seguir:

**Figura 8 – Esquema da disposição dos módulos**



Fonte: Autoria própria, (2019)

Os mesmos tem dimensões diversas do qual 6 módulos têm (63x81x10) cm e 3 módulos têm (59x81x10) cm, sendo respectivamente, largura, comprimento e profundidade, formando uma área de (184x243) cm (Figura 9).

**Figura 9 – Caixaote de madeira para montagem dos módulos do telhado verde**



**Fonte: Autoria própria, (2018)**

Vale salientar que a divisão do módulo do telhado verde em 9 partes, foi feita com o propósito de reduzir o peso no momento de posicionamento do módulo de telhado verde na base.

Em seguida, os módulos passaram pelo processo inicial de impermeabilização, com a aplicação de 2 camadas em sentidos opostos do prime impermeabilizante, respeitando o tempo de secagem de cada camada (Figura 10).

**Figura 10 – Caixotes após a aplicação do prime impermeabilizante**



**Fonte: Autoria própria, (2019)**

Devido o telhado verde ter sido dividido em 9 módulos fez se necessário a implantação de um sistema interno de drenagem, para transferir o acúmulo de água de uma caixa a outra. Esse sistema foi feito com o uso de tubulações de diâmetros diferentes, seguindo o princípio de que a tubulação de menor diâmetro encaixa na tubulação de maior diâmetro, fazendo com que os módulos fiquem fixados uns aos outros, permitindo assim o escoamento da água de uma caixa para a outra (Figura 11).

**Figura 11 – Princípio do sistema de drenagem**



**Fonte: Autoria própria, (2019)**

Assim, para a instalação do sistema interno de drenagem da água que interliga um módulo a outro, foi perfurado aberturas para o posicionamento da tubulação nas caixas de madeiras com uma serra copo e fixado a tubulação com cola epóxi. Para o sistema de drenagem foram utilizados 6 peças de tubulações de 25 mm de diâmetros com 15 cm de comprimento e 9 peças de tubulações de 32 mm de diâmetros com 15 cm de comprimento. Sendo três peças de tubulação em cada extremidade dos módulos, exceto apenas na extremidade superior dos módulos que inicial o telhado verde.

Logo após, para minimizar os efeitos causados pelas divisórias do telhado verde, foi realizado também um arredondamento dos cantos dos módulos e bordas das tubulações com argamassa, com o intuito de direcionar o fluxo de água dentro das caixas para as tubulações de saída;

Por fim, foi finalizado o processo de impermeabilização, com a reaplicação de 2 camadas em sentidos opostos do prime impermeabilizante, respeitando o tempo de secagem de cada camada e aplicação da manta asfáltica 10 mm com auxílio de um maçarico a gás. Vale salientar que essa etapa foi executada pelo técnico responsável do laboratório.

### 5.2.2 Montagem do telhado verde

Após a finalização das caixas foi feita a montagem do telhado verde na seguinte sequência:

- Disposição de uma camada de argila expansiva de aproximadamente 3 cm;
- Posicionamento da tela de filtragem sobre a argila expansiva, como mostra na Figura 12 a seguir;

**Figura 12 – Posicionamento da tela de filtragem**

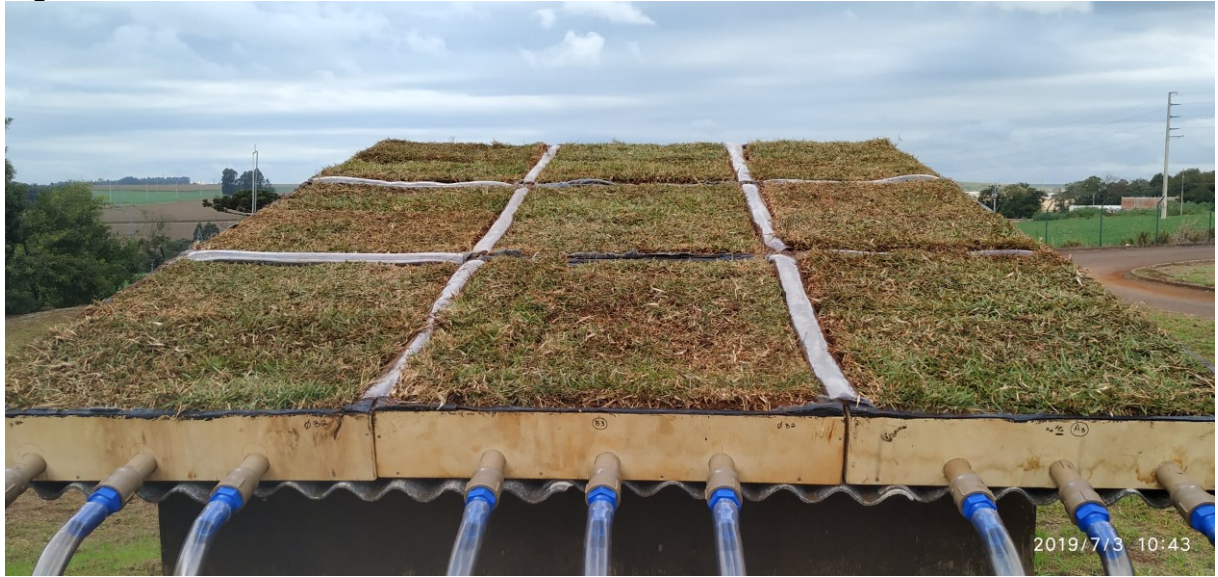


Fonte: Autoria própria, (2019)

- Posicionamento dos módulos sobre a casa base;
- Disposição de uma camada de substrato de aproximadamente 6 cm;
- Posicionamento da grama esmeralda (Figura 13).



**Figura 13 – Telhado verde finalizado**



**Fonte: Autoria própria, (2019)**

Após a montagem da cobertura de telhado verde com inclinação de 20%, foram efetuados os acabamentos laterais para a retirada do excesso dos materiais, assim como posicionado uma mangueira transparente aberta nas emendas dos módulos, com o intuito de direcionar a água para o interior dos módulos e evitar a perda de água pelas brechas.

### 5.2.3 Instalação do sistema de coleta de água

#### 5.2.3.1 Protótipo telhado verde

A captação de água da cobertura de telhado verde foi executada com um arranjo de mangueiras flexíveis de 1 polegada, onde foram interligadas as peças de tubulação PVC de saída dos últimos módulos ao reservatório de 200 L (litros) com visor volumétrico, como mostra a Figura 14 a seguir:

**Figura 14 – Sistema de coleta de água do telhado verde**



**Fonte: Autoria própria, (2019)**

### 5.2.3.2 Protótipo telhado de convencional

A coleta de água da cobertura de fibrocimento foi realizada por meio de uma calha feita com tubulação de PVC de diâmetro de 100 mm cortado e acoplado a uma mangueira flexível de 1 polegada, a qual foi conectada ao reservatório de 200 L com visor volumétrico, como mostra a Figura 15 abaixo:

**Figura 15 – Sistema de coleta de água do telhado de convencional**



Fonte: Autoria própria, (2019)

### **5.3 Coleta de dados pluviométricos e quantitativos do volume acumulado**

Para a coleta dos dados foram utilizados dois equipamentos, um relógio digital com cronômetro e um reservatório para cada tipo de telhado, onde esse tem um visor de nível volumétrico (Figura 16), que mostra o volume de água presente no reservatório.

**Figura 16 – Visor de nível volumétrico**



**Fonte: Autoria própria, (2019)**

Os dados de tempo e volume foram coletados em intervalos de tempo que variavam de acordo com a intensidade da chuva. Já os dados da estação meteorológica são atualizados a cada 30 segundos e registrado o volume de água a cada 25 ml (mililitros) pelo computador conectado a estação meteorológica.

Vale ressaltar que as datas de coleta dos dados, foram definidas com o auxílio da previsão pluviométrica semanal, em razão do estudo operar com chuva natural ao invés de chuva artificial.

A análise dos dados se deu em forma de gráficos, onde demonstram o comportamento do escoamento, em razão as superfícies consideradas no trabalho, mostrando assim, o acúmulo da água dos dois telhados com relação ao tempo, comparados a precipitação coletada pela estação meteorológica.

## 6 DESENVOLVIMENTO

### 6.1 Coleta de dados

Para análise dos resultados foram coletados dados de 6 eventos de chuvas ocorridas em dias distintos nos meses de julho a novembro, apresentados na tabela 2 abaixo.

**Tabela 2 – Eventos de chuvas**

<b>Evento de chuva</b>	<b>Data</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
E01	15/07/2019	3:20:00	6,50
E02	03/10/2019	2:00:00	2,75
E03	14/10/2019	1:40:00	-
E04	18/10/2019	4:30:00	37
E05	28/10/2019	3:40:00	-
E06	05/11/2019	3:10:00	-

**Fonte: Autoria própria, (2019)**

Vale salientar que a precipitação apresentada na tabela 2 é referente aos dados coletados pela estação meteorológica, no entanto devido a problemas externos alguns dados foram comprometidos, como por exemplo no E03 e E05 foi constatado um entupimento do funil devido a formação de ninhos de passarinhos, já no E06 ocorreu um erro no sistema da estação, onde só foram coletados dados a parti de 1 hora após o início da chuva, logo esses dados foram desconsiderados.

Outro fator importante a ser considerado na coleta dos dados é a condição a qual o substrato se encontra, pois, a depender da condição pode se haver alteração no comportamento inicial do telhado verde. Para a análise da condição do substrato foi considerado o tempo de ausência de chuva até o dia da coleta, onde condição seco diz respeito a ausência de mais de 4 dias de chuva, de 4 a 1 dias de ausência de chuva condição úmida e chuva no dia anterior a coleta condição saturada.

As condições do solo nos eventos de chuvas, são apresentadas na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Condição do solo nos eventos coletados

Evento de chuva	Condição do solo
E01	Seco
E02	Seco
E03	Úmido
E04	Úmido
E05	Saturado
E06	Saturado

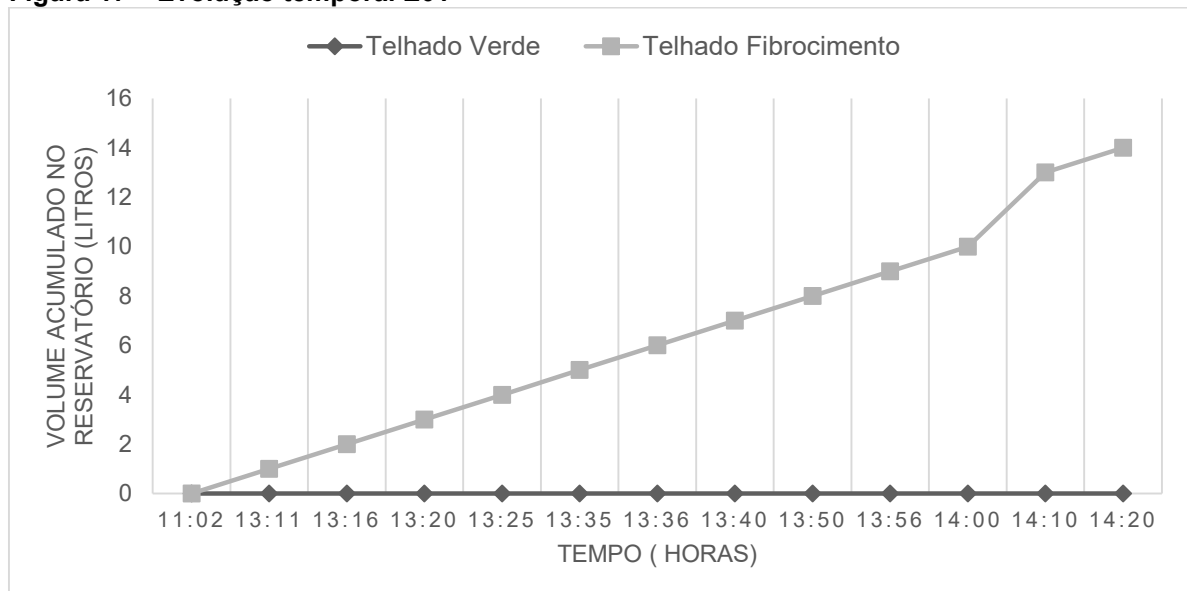
Fonte: Autoria própria, (2019)

## 6.2 Análise da evolução temporal do acúmulo de precipitação

Com base nos dados coletados foram projetados os gráficos que mostram a evolução temporal do acúmulo de precipitação nos telhados.

No primeiro evento (E01) foi coletado em uma chuva de baixa intensidade, onde a condição do solo era seca, logo o telhado teve sua melhor eficiência, retendo totalmente a água precipitada, como mostra a Figura 17 a seguir:

Figura 17 – Evolução temporal E01



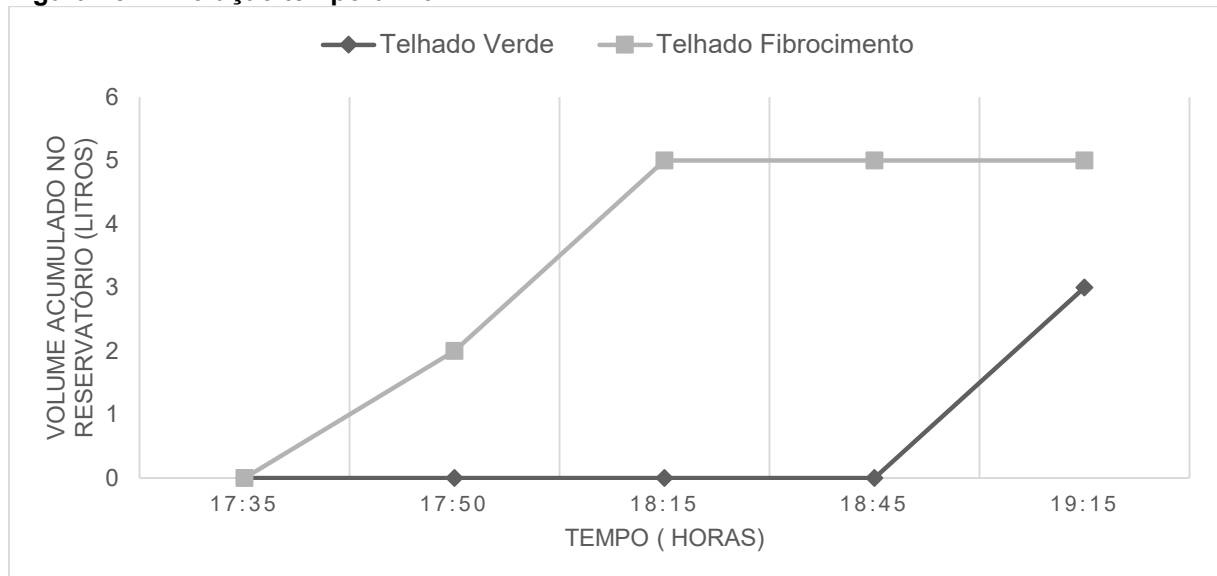
Fonte: Autoria própria, (2019)

Esse comportamento pode ser explicado pela baixa intensidade da chuva, que se apresentou uniformemente amena durante todo o tempo de chuva, que foi das 11h às 14h20min e pela condição seca do solo. Savi e Tavares (2018), também obtiveram

resultados semelhantes em seus experimentos, onde afirmam que em precipitações com níveis baixos e a depender do período de estiagem, o telhado verde retém até 100% da água escoada.

Já no evento seguinte (E02), que do mesmo modo apresentou uma baixa precipitação, sua intensidade sofreu alteração no decorrer do episódio de chuva que foi das 17h30min às 19h30min, onde manifestou uma alta na intensidade a partir das 18h46min, o que responde a alteração no gráfico do telhado verde na Figura 18.

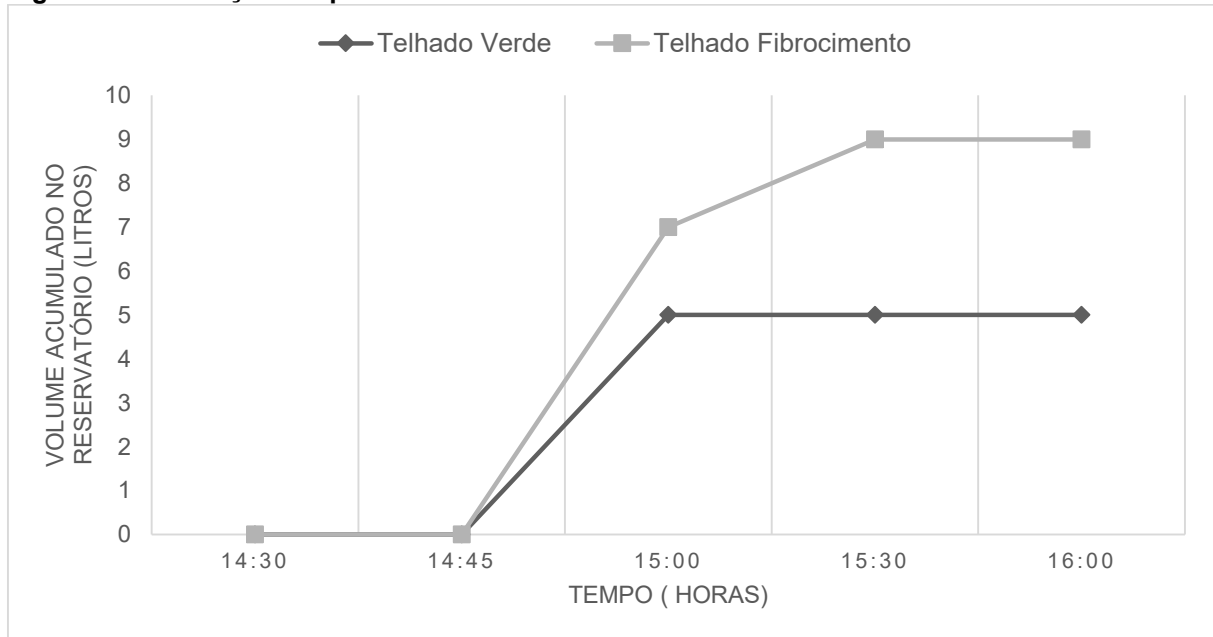
**Figura 18 – Evolução temporal E02**



Fonte: Autoria própria, (2019)

Para os eventos a seguir, as chuvas são mais frequentes e intensas, o que influencia diretamente a eficiência da cobertura verde, que segundo Tassi et al. (2014), a eficiência do telhado verde é relativa a disponibilidade de água no substrato e sua aptidão em interferir na capacidade de armazenamento de água durante a chuva. Nesse sentido o telhado verde começa a apresentar uma maior movimentação nos gráficos, visto que o substrato não se encontra mais na condição seca, e sim úmido e saturado, logo a absorção de água pelas multicamadas do telhado é menor, reduzindo assim o tempo de retenção de água do telhado verde.

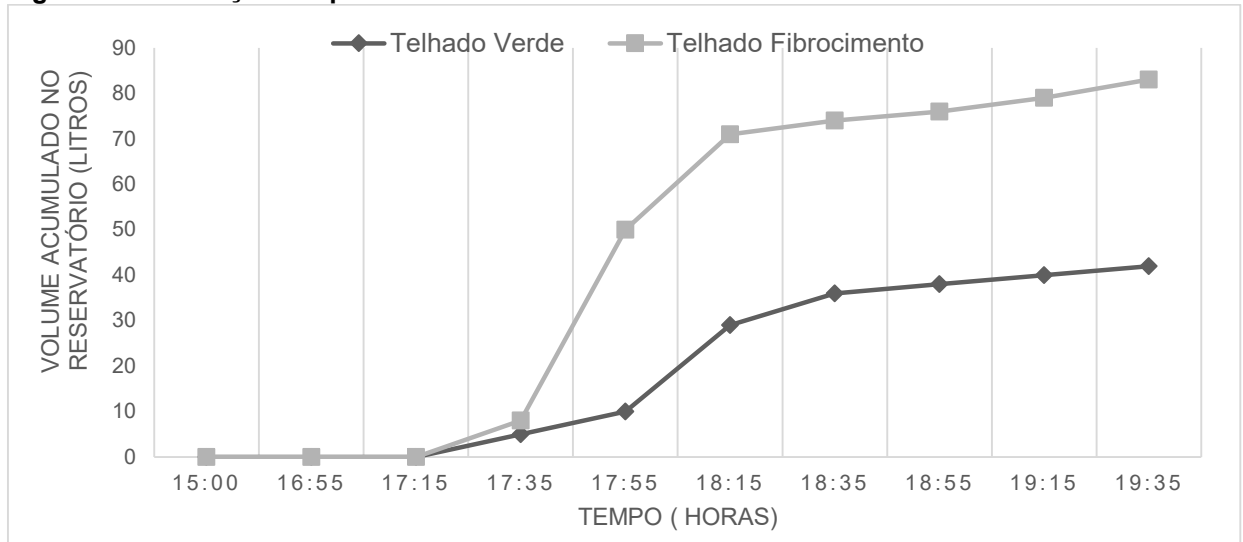
No terceiro evento (E03), o telhado verde se encontra com o solo úmido e a chuva analisada durou das 14h30min às 16h10min de média intensidade, mesmo nessas condições o mesmo ainda apresenta uma diferença no acúmulo de água no reservatório comparada ao telhado de fibrocimento, como mostra a Figura 19 a seguir:

**Figura 19 – Evolução temporal E03**

Fonte: Autoria própria, (2019)

No evento seguinte (E04) com o solo também em condição úmida, podemos ver o comportamento do telhado verde em uma chuva de maior intensidade com início às 15h e término às 19h30min, onde o período de maior intensidade catalogada pela estação meteorológica foi entre as 17h15min a 18h15min com um acúmulo de precipitação de 33,75 mm, um percentual de 91% do total da chuva. Nesse período o telhado verde teve um acúmulo em seu reservatório inferior ao do telhado de fibrocimento, como visto na Figura 20, e prossegue com um acúmulo quase que constante até o fim da chuva e ainda inferior ao aglomerado do telhado de fibrocimento.

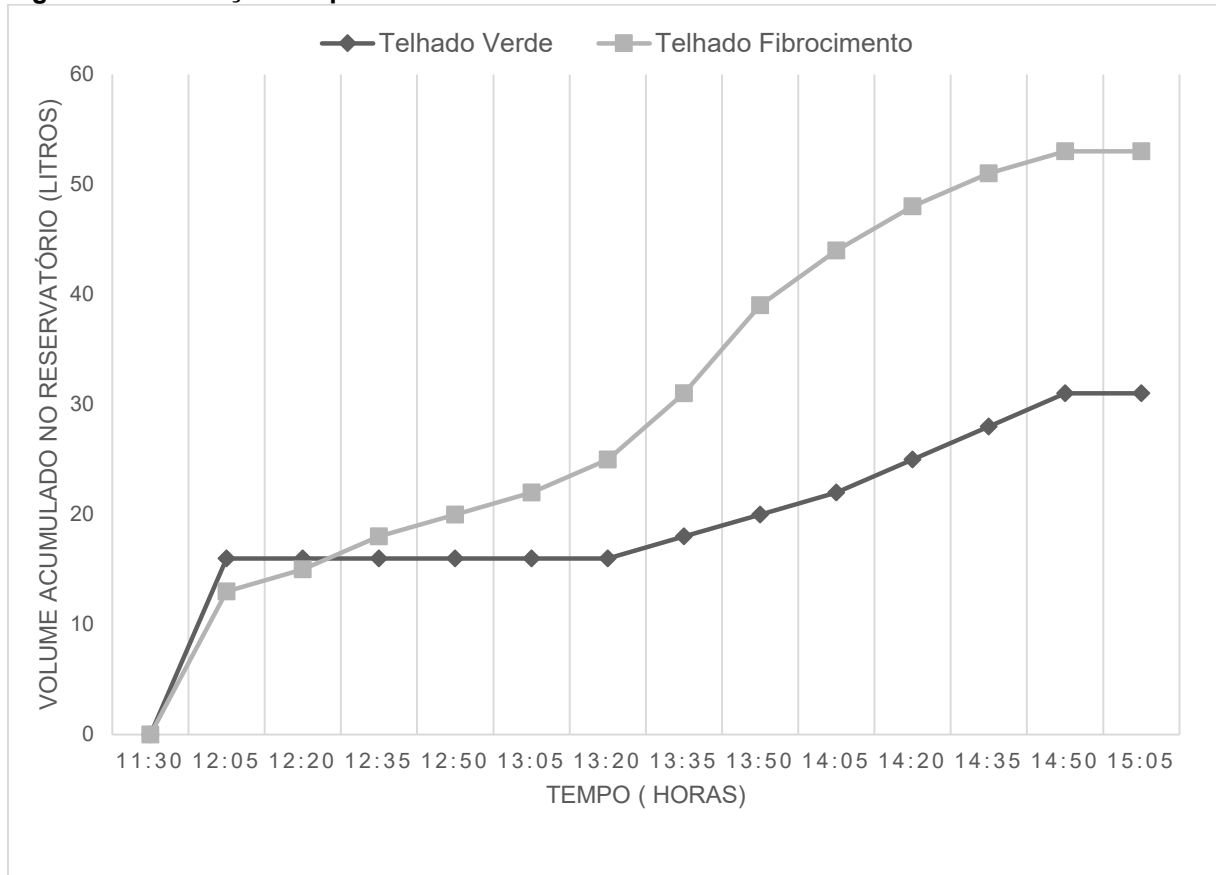


**Figura 20 – Evolução temporal E04**

**Fonte: Autoria própria, (2019)**

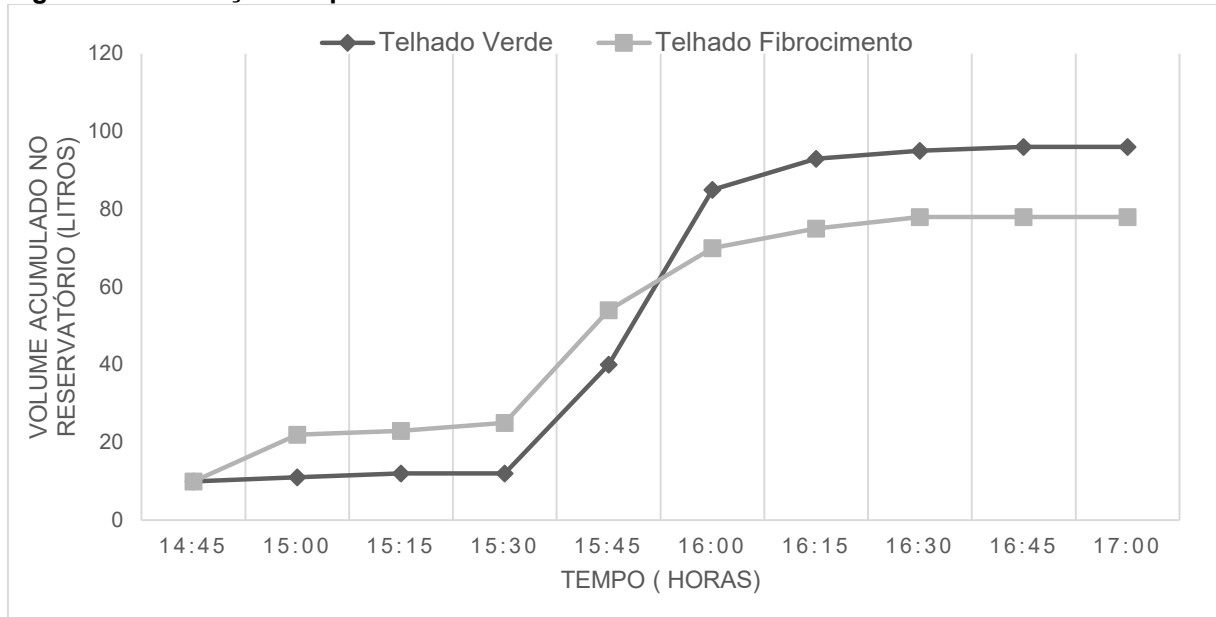
Já no evento (E05) que durou das 11h30min às 15h10min o telhado verde teve uma reação incomum no início das coletas, essa conduta pode ser explicada por duas condições, primeiro do substrato, já que o mesmo se encontrava saturado e segundo por uma diferença de altura da parte inferior da calha do telhado convencional com a tubulação que permite a passagem de água até o reservatório. Contudo no decorrer da chuva o telhado volta a ter um acúmulo inferior do telhado de fibrocimento, como ilustra a Figura 21.

**Figura 21 – Evolução temporal E05**



Fonte: Autoria própria, (2019)

O último evento analisado (E06) teve início às 14h e término às 16h50min, no entanto devido à grande intensidade da chuva e ventos, a calha do telhado de fibrocimento se desuniu do telhado por volta das 15h47min, sendo realocado apenas às 15h58min. Devido a essa pausa na coleta de água do telhado de fibrocimento, o gráfico de acúmulo de água dos telhados teve uma distorção, fazendo com que o acúmulo do telhado verde ficasse superior do telhado de fibrocimento como mostra a Figura 22 a seguir:

**Figura 22 – Evolução temporal E06**

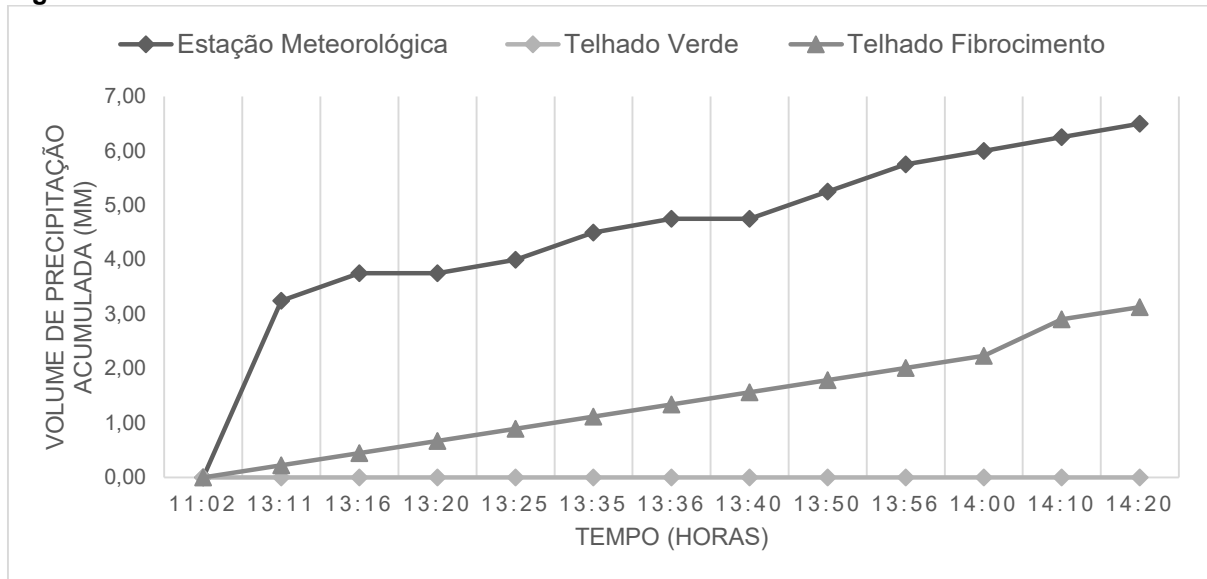
Fonte: Autoria própria, (2019)

### 6.3 Comparativo da eficiência dos telhados

Para a comparação da eficiência de retenção dos telhados nos eventos de chuvas, foram utilizados como base os dados coletados de precipitação pela estação meteorológica e para igualar as unidades de medidas foram transformados os dados coletados em ambos os telhados de área de  $4,47\text{m}^2$ , para  $\text{mm}/\text{m}^2$ , em suma, o volume acumulado no reservatório de cada telhado foi dividido por 4,47.

No evento E01, mostrado na Figura 23 a seguir é possível analisar o comportamento da chuva sobre os três itens observados.

**Figura 23 – Análise da eficiência E01**

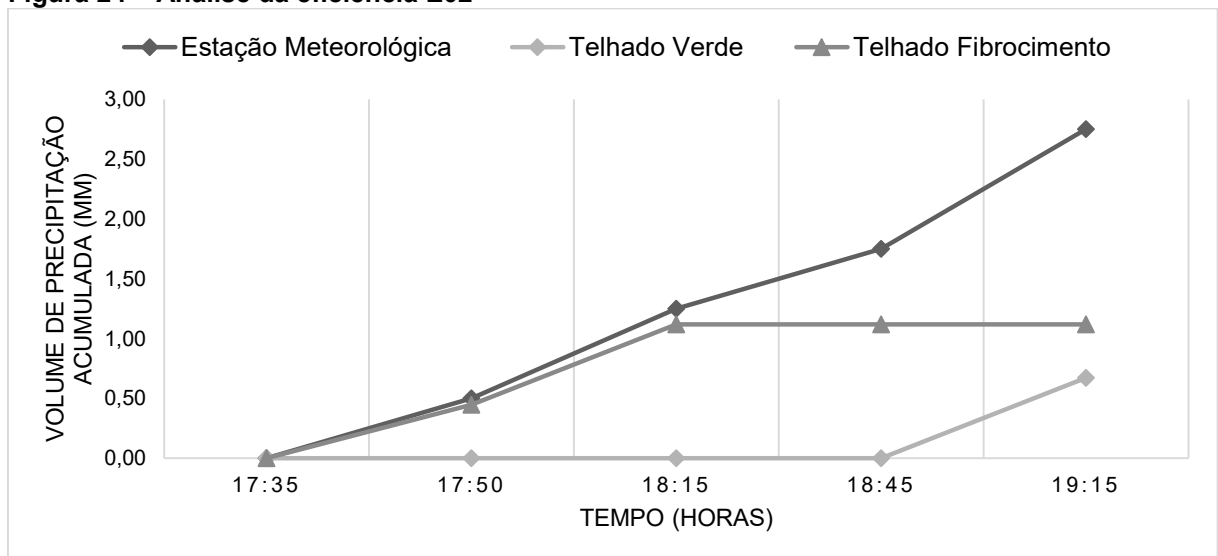


Fonte: Autoria própria, (2019)

É evidente que há uma diferença na linha da estação meteorológica para as demais, essa distinção é proveniente a evapotranspiração. O volume escoado superficialmente é dado pela subtração da água acumulada nos telhados e pela perda de água por evapotranspiração (TASSI et al., 2014)

Na Figura 24 a baixo é apresentado o evento E02.

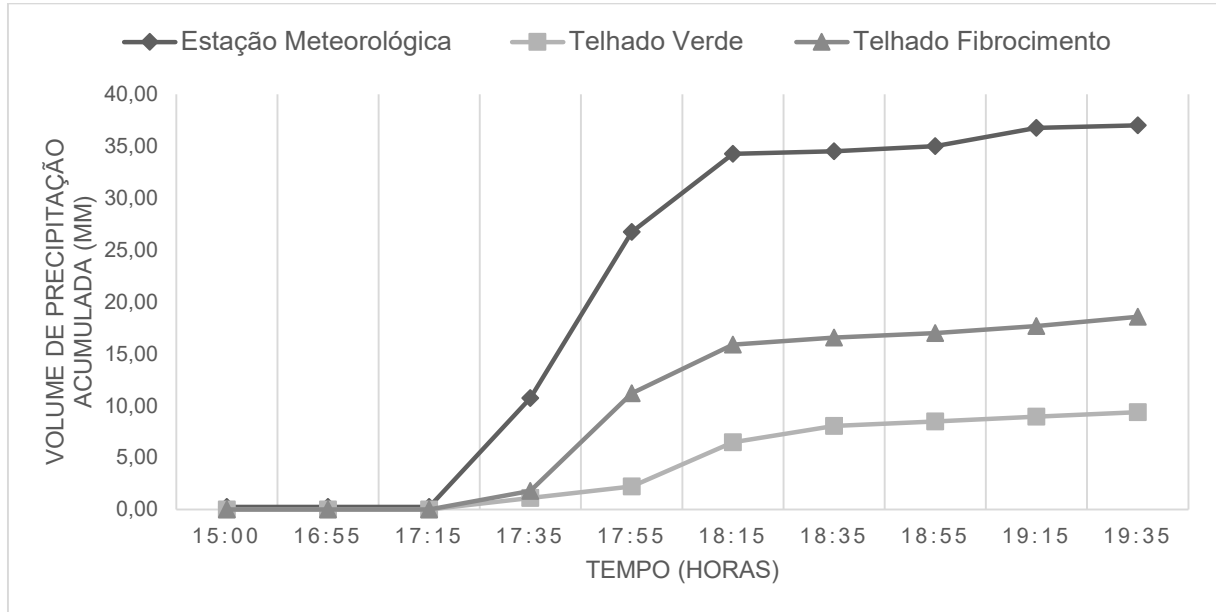
**Figura 24 – Análise da eficiência E02**



Fonte: Autoria própria, (2019)

Segundo Burszta-Adamiak (2012), a estrutura de multicamadas do telhado verde permite uma temporária retenção de água, limitando a intensidade máxima do escoamento superficial, ou seja, reduz o pico do histograma durante o evento de chuva como é possível se ver na Figura 25 a seguir.

**Figura 25 – Análise da eficiência E04**



Fonte: Autoria própria, (2019)

Por fim, foi calculado a porcentagem de retenção dos telhados em cada horário coletado, com base na precipitação registrada na estação meteorológica, e em seguida feita uma média com as eficiências de retenção obtidas. Esses dados são apresentados na Tabela 4 a seguir:

**Tabela 4 – Eficiência média dos telhados**

Evento de chuva	Telhado Verde	Telhado de Fibrocimento
E01	100%	71,14%
E02	93,90%	29,11%
E03	-	-
E04	80,70%	57,19%
E05	-	-
E06	-	-

Fonte: Autoria própria (2019)

Assim como Carter e Rasmussen (2006) que afirmam que para as precipitações menores que 25,4 mm a eficiência da retenção do telhado verde é superior a 90%, os resultados mostrados na Tabela 4 também comprovam isso, onde os eventos E01 e E02 que tiveram precipitações de 6,50 mm e 2,75 mm respectivamente, apresentaram suas eficiências superiores a 90%. Os autores ainda afirmam que para precipitações entre 25,4 mm a 76,2 mm a eficiência fica acima de 50% e no evento analisado E06 de precipitação de 37 mm apresentou uma eficiência de 81%, o que também se enquadra nos resultados esperados.

Nos eventos E03, E05 e E06 não houve dados registrados pela estação meteorológica, portanto não foi possível calcular a eficiência dos telhados.

## **7 CONCLUSÃO**

O presente trabalho apresentou os resultados de uma estudo comparativo da evolução temporal do acúmulo de precipitação no telhado verde em relação ao telhado convencional.

Os resultados desse estudo apresentam benefícios da aplicação do telhado verde, substituindo o telhado de fibrocimento, em razão de reduzir a sobrecarga do sistema de drenagem em eventos de chuvas, onde a eficiência da cobertura verde foi em média 53,15% superior a do telhado de fibrocimento. E ainda, para chuvas de característica rápida e intensidade forte, principais geradoras de enchentes, o telhado de fibrocimento teve sua menos eficiência, de aproximadamente 29%, contra 93,90% do telhado verde.

Nessa perspectiva, a estrutura verde deixa claro nesse e em outros estudos de pesquisadores apresentados nesse trabalho, que sua aplicação no meio urbano resulta em ganhos mútuos ao proprietários e a sociedade ao redor, em especial na gestão de águas pluviais, devido a sua capacidade de retenção de água em um simples sistema de multicamadas de até mesmo 10 cm de espessura, a contar da camada de drenagem a camada vegetal.

Vale ressaltar que para sua aplicação deve ser verificar se a estrutura inferior tem capacidade de suporte suficiente para o tipo de cobertura verde a ser implantada, assim como, se a depender do tempo de estiagem da região será necessário a implantação de um sistema de irrigação ou escolha de uma espécie de planta que suporte esse tempo sem precipitação.

### **7.1 Sugestões para trabalhos futuros**

As sugestões aqui apresentadas são com intuito de aprofundar os estudos e catalogar mais dados referente ao comportamento da cobertura verde em eventos de chuvas:

- Confeccionar o protótipo da cobertura verde diretamente sobre a superfície da base, reduzindo as barreiras internas para drenagem de água;
- Fixar um tempo menor de intervalo entre uma coleta e outra;
- Estimar a evapotranspiração dos módulos com telhado verde;
- Realizar ensaios no solo, para se obter a condição de umidade do próprio.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN HYDROTECH. The Extensive Garden Roof Assembly is ideally suited for locations that will receive little maintenance or where structural capabilities are a concern, Chicago, 2015. [s.n]. Disponível em: <<http://www.hydrotechusa.com/assemblies/garden-roof-assembly/extensive>> Acesso em: 27 jun. 2019, 14:30:25

AMERICAN HYDROTECH. The landscape possibilities with an Intensive Garden Roof Assembly are virtually limitless. Intended for recreational, Sporting and leisure purposes, they are often indistinguishable from at-grade landscapes, Chicago, 2015. [s.n]. Disponível em: <<http://www.hydrotechusa.com/assemblies/garden-roof-assembly/intensive>> Acesso em: 27 jun. 2019, 14:34:20

AMERICAN HYDROTECH. The Garden Roof Lawn Assembly is considered a lightweight assembly, but with a slightly deeper soil depth, and is designed to support sod lawns as well as perennials, Chicago, 2015. [s.n]. Disponível em: <<http://www.hydrotechusa.com/assemblies/garden-roof-assembly/lawn>> Acesso em: 27 jun. 2019, 14:45:54

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Água da Chuva – Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**, 2017.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado Verde e Sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escuada**. Curitiba, 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012

BASSO A. **Cobertura verde como sistema de reaproveitamento de água da chuva e águas servidas**. 2013. 57f. Tese (Graduando em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

Brasil. Lei n.º 18.112, de 13 de janeiro de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado



verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/cjeuk>>

Brasil. Lei n.º 235, de 28 de dezembro de 2012. INSTITUI O PROGRAMA IPTU VERDE NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/jmacq>>

Brasil. Lei n.º 913, de 21 de dezembro de 2015. Concede incentivo fiscal à implantação de "coberturas verdes" nos edifícios do município, e dá outras providências. Disponível em: <<https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=5727&tid=98>>

BURSZTA-ADAMIAK, Ewa. Analysis of the Retention Capacity of Green Roofs. Journal of Water and Land Development, Poland, 31 Out. 2012. Disponível em: <[http://www.itp.edu.pl/wydawnictwo/journal/16\\_2012\\_I\\_VI/artykuly/Burszta%20Adamiak.pdf](http://www.itp.edu.pl/wydawnictwo/journal/16_2012_I_VI/artykuly/Burszta%20Adamiak.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2019

CARTER, Timothy L.; RASMUSSEN, Todd C. Hydrologic behavior of vegetated roofs. Journal of the American Water Resources Association, Nova Jersey, 8 Jun. 2006. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/227672864\\_Hydrologic\\_behavior\\_of\\_vegetated\\_roofs](https://www.researchgate.net/publication/227672864_Hydrologic_behavior_of_vegetated_roofs)>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CASTRO A. S. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbana**. 2011. f. Tese (Pós-graduando em Recursos hídricos e saneamento Ambiental) – Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COSTA, Jefferson da; COSTA, Anderson; POLETO, Cristiano; Telhado verde: Redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de estudos ambientais**, Toledo, n. 2esp, p. 50-56, 2012

FERRAZ I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. 2012. 150

f. Tese (Mestrando em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. 2008. 49 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION (IGRA). Public Benefits,[S.I], 2015. [s.n]. Disponível em: <[http://www.igra-world.com/benefits/private\\_benefits.php](http://www.igra-world.com/benefits/private_benefits.php)> Acesso em: 17 nov. 2015, 15:40:09

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION (IGRA). Private Benefits, [S.I], 2015. [s.n]. Disponível em: < [http://www.igra-world.com/benefits/private\\_benefits.php](http://www.igra-world.com/benefits/private_benefits.php)> Acesso em: 11 nov. 2015, 11:07:54

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION (IGRA). Green Roof Types,[S.I], 2015. [s.n]. Disponível em: <[http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php)> Acesso em: 08 nov. 2015, 09:38:52

LIMA, Valdeci Bento Ferreira Lima. IPTU "verde ou ecológico". Conteúdo Jurídico, Brasília-DF: 29 maio 2017. Disponível em: <<http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.589148&seo=1>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

NASCIMENTO, Jéssica. TETO VERDE. Lagoa, 2016. Disponível em: <<https://lagoarquitectura.wixsite.com/lago/single-post/2016/03/31/Teto-Verde>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SAVI, Adriane C.; TAVARES, Sergio F. Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais na retenção de água de chuva. **Revista De Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 50-67, jan – jun. 2018

RANGEL, Ana Celecina L. da C.; ARANHA, Kaline C.; SILVA, Maria Cristina B. C. da. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a

sustentabilidade. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, João Pessoa, v. 35, p. 397-409, dez. 2015

ROCHA, Luciani Maria V.; SOUZA, Léa Cristina L.; CASTILHO, Francisco José V.; Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161-175, jul./set. 2011

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TUCCI, Carlos E. M. Manejo integrado dos recursos hídricos. In: HESPANHOL, Ivanildo; NETTO, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão de água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2002. p. 33-111.

“UTFPR Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, PR.” (20 Jun. 2019). **Google Maps**. **Google**. Consultado em <https://www.google.com.br/maps/place/UTFPR+Universidade+Tecnol%C3%B3gica+Federal+Do+Paran%C3%A1/@-24.0617283,-52.3866761,681m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94ed756613064859:0xc12ba615c30491ed!8m2!3d-24.0604051!4d-52.3870445!5m1!1e3>