

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**KEITY MARIANA MARONEZ
MARINA ESTELA CARRARO**

**ANÁLISE DO TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO
CONVENCIONAL QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO E
RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

**KEITY MARIANA MARONEZ
MARIANA ESTELA CARRARO**

**ANÁLISE DO TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO
CONVENCIONAL QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO E
RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Gestão Ambiental, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dra. Dangelma Maria Fernandes
Coorientador: Prof^o. Dr. Agostinho Zanini

MEDIANEIRA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO CONVENCIONAL QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO E RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

por

**KEITY MARIANA MARONEZ
MARINA ESTELA CARRARO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 08 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental. As candidatas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dangela Maria Fernandes
Prof^a. Orientadora

Agostinho Zanini
Prof^o. Coorientador

Alice Jacobus de Moraes
Membro Titular

Carla Limberger Lopes
Membro Titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

“É melhor lançar-se à luta, alcançar o triunfo, mesmo que exposto ao insucesso, do que formar fila com os fracos, pobres de espírito, que nem sofrem muito, nem gozam muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece derrota, nem vitória.”

Franklin Delano Roosevelt

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos dado força e perseverança para superar todas as dificuldades.

A nossa família pelo apoio em todos os momentos, sem vocês nada seria possível.

A nossa orientadora Prof^a. Dra. Dangelia Maria Fernandes e ao Prof. Dr. Agostinho Zanini por toda a ajuda e incentivo.

As nossas amigas Andressa Paulus, Bianca Maciel, Julia Launtenschleger e aos nossos amigos do Centro Acadêmico de Gestão Ambiental (CAGEA) pelo companheirismo e por todos os momentos de apoio e incentivo.

A Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional (PROGRAD), pela bolsa de fomento e apoio para desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso.

A todos aqueles que contribuíram com o nosso trabalho de alguma maneira.

RESUMO

MARONEZ, Keity Mariana; CARRARO, Marina Estela. **Análise do telhado verde em relação ao telhado convencional quanto ao conforto térmico e retenção de água pluvial**. 2017. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A população mundial tem crescido muito nos últimos tempos, conseqüentemente, ocorre o aumento de construções nas cidades, caracteriza-se assim o processo de urbanização mundial. Mediante as mudanças de paisagem e condições ambientais nas áreas urbanas, profissionais da área ambiental buscam novas tecnologias e alternativas para minimizar os impactos deste processo de urbanização. Os telhados verdes são uma alternativa viável para a gestão de águas pluviais em áreas urbanas. O objetivo do trabalho foi analisar o telhado verde em relação ao telhado convencional quanto ao conforto térmico e retenção de água pluvial. A metodologia baseou-se na construção de dois protótipos de alvenaria, um com telhado convencional e o outro com telhado verde semi-extensivo. A partir dos protótipos analisou-se as variações de temperaturas e quantificação de retenção de água pluvial. Os dados coletados foram comparados entre as duas estruturas. Verificou-se que, comparativamente ao telhado convencional, o telhado verde apresentou variações de 2 °C, contendo temperaturas mais altas nos dias mais frios e temperaturas mais amenas nos dias mais quentes. Foi possível reduzir, em média, 50% dos volumes escoados superficialmente com a utilização do telhado verde, além de promover o retardo no início do escoamento superficial. Os resultados obtidos demonstram a eficiência do telhado verde no controle para conforto térmico dos ambientes e reforçam a necessidade de incentivos para sua utilização em centros urbanos, visando alternativas sustentáveis nas construções urbanas. Desta forma, o trabalho apresentou um índice de informação quanto os benefícios da utilização do telhado verde, por meio de proporcionar temperaturas amenas e absorção das águas pluviais.

Palavras-chave: Construção Sustentável. Escoamento Superficial. Temperatura.

ABSTRACT

MARONEZ, Keity Mariana; CARRARO, Marina Estela. **Analysis of the green roof in relation to conventional roof, regarding thermal comfort and retention of rainwater**. 2017. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Federal Technology University – Parana, Medianeira, 2017.

The world's population has been grown in the last years, consequently, there is an increase of constructions in the cities, characterizing the process of world's urbanization through the changings of views and environmental conditions in the urban areas. Against this issue, professionals of the environmental area search for new technologies and alternatives to minimize the impacts of this urbanization process. The green roofs are a viable alternative to the rainwater management in urban areas. The objective was analyses the green roof comparing with a conventional roof, about their thermic comfort and rainwater retention. The methodology was based on the construction of two brick's prototypes, one of them with a conventional roof and the other one with a green semi-extensive roof. From these two prototypes, it was analyzed the temperature variation and rainwater quantifying. The collected data were compared between the two structures. It was verified that, comparing to the conventional roof, the green roof showed variations of 2 °C, containing higher temperatures on the colder days and lower temperatures on the hotter days. It was possible to reduce, as an average, 50% of the volumes superficially drained by the green roof, besides to promote the delay in the beginning of the superficial drain. It is notable that the green roof is an important ally to minimize the excess of rainwater drain. The results demonstrate the efficiency of the green roof in the control to thermic comfort of the environment and reinforce the necessity of incentives to its use in urban centrals, considering the necessities of sustainable alternatives on the urban constructions.

Keywords: Sustainable construction. Superficial Drain. Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Telhado Verde da Prefeitura Municipal de São Paulo-SP.....	15
Figura 2 - Corte esquemático de telhado verde extensivo	16
Figura 3 - escoamento Pluvial em um Telhado Verde e em um Telhado Convencional.....	23
Figura 4 - A - Vista Aérea do Refúgio Bela Vista; B - Telhado Verde do Refúgio Bela Vista	24
Figura 5 - A - Vista frontal da Parada Verde; B – Telhado Verde e Placas Fotovoltaicas.....	25
Figura 6 - A - Vista superior do pátio central do edifício; B - Andares com coberturas de Telhado Verde.....	26
Figura 7 - Localização do Experimento na UTFPR.....	27
Figura 8 - Modelo da Estrutura dos Protótipos com Telhado Convencional e Verde	28
Figura 9 - A - Protótipo com Telhado Convencional; B - Protótipo com Telhado Verde	30
Figura 10 - Fluxograma das Variáveis Analisadas.....	32
Figura 11 - Localização dos Termômetros	33
Figura 12 - Média de Variação de Temperaturas dos Protótipos	36
Figura 13 - Variação de Temperaturas no Interior dos Protótipos.....	36
Figura 14 - Variação Temperaturas no Interior dos Protótipos no Dia mais Frio.....	37
Figura 15 - Variação das Temperaturas Externas e Internas no Dia mais Quente ...	38
Figura 16 - Variação das Temperaturas Externas e Internas no Dia com mais Chuva	39
Figura 17 - Dados da Estação Meteorológica - Precipitação.....	41
Figura 18 - Dados da Estação Meteorológica - URA.....	41
Figura 19 - escoamento de Água Pluvial dos Protótipos	42
Figura 20 - Comparação de Índices Pluviométricos	43

LISTA DE SIGLAS

ACT	Autoridade para as Condições de Trabalho
FAQ	Perguntas Mais Frequentes
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
NR	Norma Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PVC	Policloreto de Vinila
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
TNT	Tecido Não Tecido
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
URA	Umidade Relativa do Ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 TELHADO CONVENCIONAL.....	13
3.2 TELHADO VERDE	14
3.2.1 Histórico	14
3.2.2 Classificação e Estrutura dos Telhados Verdes	16
3.2.2.1 Tipos de vegetação mais utilizados em telhado verde	19
3.2.3 Benefícios da Utilização de Telhado Verde.....	21
3.2.3.1 Controle de temperatura.....	21
3.2.3.2 Retenção de água	22
3.2.4 Exemplos de Aplicação de Telhado Verde.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS.....	28
4.2.1 Estrutura dos Protótipos.....	29
4.2.2 Estrutura de Telhado Convencional e Verde.....	30
4.2.3 Estrutura da Calha	31
4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	32
4.3.1 Monitoramento dos Dados	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 CONFORTO TÉRMICO.	35
5.2 ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL.	40
6 CONCLUSÃO	44
7 SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICES	52
Apêndice A - Dados de Temperaturas Coletadas	53
Apêndice B - Dados de escoamento Pluvial Coletados	55

1 INTRODUÇÃO

Segundo Lopes (2008), a população mundial tem crescido muito nos últimos tempos, conseqüentemente, ocorre o aumento de construções nas cidades e caracteriza-se assim o processo de urbanização mundial. Para a ONU (2013), 54% da população mundial reside em áreas urbanas. Silva e Macêdo (2008) relatam que, nos últimos anos nota-se que mais de 80% da população brasileira reside nas áreas urbanas.

Uma das conseqüências da urbanização é a mudança na paisagem e condições ambientais nas áreas urbanas. Para Willes (2014), as construções, retiradas de vegetação, emissão de gases poluentes e produção de calor geram significativos impactos ambientais e socioeconômicos, os quais afetam grande parte da população.

A substituição da camada de revestimento do solo contribui com os prejuízos de absorção das águas pluviais devido a impermeabilização do solo, fato que resulta em muitos casos de alagamentos. Além disso, a incidência de raios solares, sobre o asfalto e concreto ocasionam o aumento de temperatura local, muito maior que se houvesse cobertura vegetal, de modo a agravar o processo de “ilha de calor” (MORAES, 2013).

Diante desta problemática, profissionais da área ambiental buscam novas tecnologias e alternativas para minimizar os impactos deste processo de urbanização, além de construir um microclima para as áreas urbanas, e assim permitir o conforto da população (SAVI, 2012). De acordo Moraes (2013), para minimizar estes efeitos e compensar o meio ambiente, o telhado verde é uma solução eficiente que está sendo adotada em muitas partes do mundo, principalmente na Europa, como um meio de minimizar os impactos impostos pela impermeabilização das grandes cidades.

Além de uma solução estética, os telhados verdes são uma alternativa viável para a gestão de águas pluviais em áreas urbanas, pois reduz a drenagem pluvial, de modo a mitigar os problemas com enchentes e saturação das galerias pluviais. Além disso, apresentam-se como uma solução termoacústica, atuam como isolante e evitam a transferência de calor, frio e ruído para o interior da edificação, desta

forma, minimizam gastos energéticos com aquecimento e refrigeração, constituem-se em uma solução para a economia de energia (ECOCASA, 2017).

Diante desse cenário, nota-se que há necessidade de investir mais nessa tecnologia recente no Brasil e, despertar a curiosidade de compreender e avaliar os benefícios do telhado verde.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o telhado verde em relação ao telhado convencional quanto ao conforto térmico e retenção de água pluvial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir os protótipos com telhado convencional e telhado verde;
- Monitorar as variações diárias de temperatura entre as duas estruturas;
- Medir a quantidade de precipitação pluvial escoada dos telhados;
- Coletar os dados da estação meteorológica como temperatura, precipitação, umidade e radiação;
- Relacionar o desempenho térmico dos protótipos com a temperatura do ambiente;
- Comparar o escoamento de água pluvial armazenada com os dados de precipitação da estação meteorológica;
- Analisar os benefícios do telhado verde em relação ao telhado convencional.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O impacto ambiental negativo gerado pela construção civil foi quase que absoluto até surgir a concepção de construções sustentáveis, as quais representam o resultado de uma abordagem mais harmonizada com o meio ambiente, desde o planejamento até o acabamento das construções (SKPROJETOS, 2017). Para Moraes (2013), o crescimento das cidades gera a necessidade de edificar e para tanto, tem como consequência derrubada de árvores e diminuição das áreas verdes nas zonas urbanas. Estas ações antrópicas atingem o ecossistema de forma negativa.

O desenvolvimento sustentável é uma alternativa para manter o crescimento das áreas urbanas de maneira mais controlada, este é definido como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, ou seja, é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (WWF, 2017). De acordo com Catalisa (2011), a busca pelo desenvolvimento sustentável procura estabelecer o equilíbrio em um modelo econômico, social e ambiental.

Construção Sustentável consiste, portanto, em um sistema construtivo em que se procura atender às necessidades do homem moderno, com qualidade de vida e preservação do meio ambiente para reduzir os impactos ambientais. Construir de modo sustentável requer atenção para aproveitar os recursos naturais com a máxima eficiência de modo a amenizar os impactos ambientais gerados (SKPROJETOS, 2017).

Dessa forma, as construções sustentáveis consolidam os princípios de sustentabilidade e representam uma nova concepção que propõe equilíbrio entre a natureza e o impactante segmento da construção civil. Esta nova realidade que se configura faz com que se torne necessário e imediato ações na indústria da construção civil para auxiliar nas reduções dos impactos ambientais e sociais causados pela falta de planejamento urbano sustentável (SAVI, 2012).

3.1 TELHADO CONVENCIONAL

Nas edificações, as coberturas possuem a função de garantir a proteção contra chuva, ventos e insolação. A definição do tipo de cobertura que será utilizada deve ser umas das primeiras preocupações na elaboração de um projeto arquitetônico (MARTINS, 2010). Existem diversos tipos de coberturas, tais como: telhas cerâmica, fibrocimento, PVC, esmaltadas, entre outras. São inúmeras opções, assim, sua escolha depende do tipo de projeto e das características do telhado.

Edificações que utilizam telhas de fibrocimento em suas coberturas são muito comuns, pois o seu baixo custo e simplicidade de instalação são atrativos para a escolha deste tipo de telhado, sendo utilizadas tanto em edificações residenciais quanto comerciais e industriais (MORAES, 2013).

O fibrocimento é constituído por uma mistura homogeneizada com cerca de 10 a 15% de amianto, cujo elemento ligante é o cimento. Esta ligação é forte e enquanto está em estado razoável de conservação, a probabilidade destas fibras se quebrarem é muito baixa (ACT, 2017). De acordo com Martins (2010), estas telhas possuem vários modelos, tamanhos e espessuras. Além disso, são leves e resistentes e apresentam a possibilidade de preencher espaços sem o uso de apoios intermediários. Estas coberturas devem estar de acordo com o que dispõem sua norma, NR 7.581 - Telha Ondulada de Fibrocimento Especificações.

As vantagens de instalação desse sistema são o custo baixo e a praticidade de aplicação, mas sem um projeto cauteloso há o risco de o ambiente ficar quente demais, o que é um problema durante o verão. Conta ainda como desvantagem o fato de serem mais sensíveis e quebrar com mais facilidade caso sejam instalados de maneira inapropriada, por isso na sua colocação ou manutenção é preciso ter cuidado (FAQ, 2017).

Ao observar os aspectos de temperaturas, nota-se que a instalação de um telhado verde em uma cobertura de fibrocimento é considerada uma boa alternativa para proporcionar benefícios relacionados ao desempenho térmico.

3.2 TELHADO VERDE

Telhado verde é uma técnica de arquitetura que consiste na aplicação e uso de solo e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada na cobertura de residências, fábricas, escritórios e outras edificações (BEIFULS, LINCK, 2012). Conforme Carter (2008), a principal característica do telhado verde é transformar um telhado convencional em uma superfície multifuncional.

De acordo com Willes (2010), os telhados verdes podem ser instalados em qualquer tipo de estrutura, desde que se calcule a resistência da edificação na qual este será instalado. A difusão do uso de telhados verdes para toda a sociedade deverá partir de uma mudança de paradigmas, sendo de grande importância as novas tecnologias, o conhecimento e domínio das mesmas (SAVI, 2012).

Ferreira (2007) ressalta que adotar o uso dos telhados verdes nas residências e outros tipos de edificações poderiam amenizar a temperatura, e também, contribuir para uma melhor qualidade de vida, pois as áreas jardinadas purificam o ar, absorvem a poeira, além de auxiliar na redução da poluição sonora.

Nesse contexto, Savi (2012) afirma que os telhados verdes minimizam os efeitos das construções urbanas, agem como filtros naturais da água e do ar, produzem oxigênio e absorvem dióxido de carbono, entre outras contribuições ambientais e para saúde humana.

3.2.1 Histórico

Conforme Gouvêa (2012), o telhado verde vem de uma origem antiga, em 600 a.C, na antiga Mesopotâmia, atual Iraque. Estas construções que comportavam jardins suspensos se chamavam Zigurates. Após os mesopotâmios surgiram outros exemplos de telhados verdes denominados de Jardins Suspensos da Babilônia. Para Delacerda (2009) estas construções babilônicas ainda são lembradas pelo seu esplendor arquitetônico.

Posteriormente, os telhados verdes foram amplamente difundidos. No Império Romano, por exemplo, árvores foram cultivadas na cobertura de edifícios;

durante o período renascentista na Itália, pré-colombiano no México, na Índia entre os séculos XVI e XVII e em algumas cidades da Espanha, na França a partir do século XVIII e, na Escandinávia no início do século XIX (ARAÚJO, 2007).

Araújo (2007) afirma que durante a década de 50, a Alemanha foi referência em pesquisas científicas sobre o tema que visava a conservação das águas e energia através desse sistema construtivo. Nos anos 70, através de investimentos do governo, técnicas de construções foram desenvolvidas e introduziram novos materiais como materiais drenantes, membranas impermeabilizantes e agentes antirraízes. Na década de 80, as construções aumentaram em torno de 15 a 20% ao ano, totalizando 10 milhões de metros quadrados de telhados verdes na Alemanha.

No Brasil, essa técnica ainda é considerada novidade. Para Savi (2012), o modernismo brasileiro trouxe consigo os principais referenciais de coberturas verdes no Brasil através do paisagista Burle Marx. Tendo como exemplar trabalhos de diversos arquitetos de renome como Oscar Niemeyer, Afonso Reidy, Ernani de Vasconcelos, entre outros. Delacerda (2009) destaca que o maior telhado verde brasileiro é da prefeitura municipal de São Paulo, estado de São Paulo (Figura 1).



**Figura 1 - Telhado Verde da Prefeitura Municipal de São Paulo-SP.
Fonte: G1 - Globo (2015).**

Para auxiliar a implantação de telhados verdes, a Comissão de Desenvolvimento Urbano e a Câmara dos Deputados de São Paulo - SP, aprovou em 2015, um incentivo fiscal para os prédios que instalarem o telhado verde em pelo menos 65% de sua cobertura. Esta iniciativa está prevista no Projeto de Lei nº

1.703/11, a qual dispõe sobre a instalação do Telhado Verde e dá outras providências (CÂMARA NOTÍCIAS, 2015).

3.2.2 Classificação e Estrutura dos Telhados Verdes

Diante da complexidade do sistema e necessidade de manutenção, os telhados verdes podem ser classificados como telhados intensivos e extensivos (KIBERT, 2008):

- As coberturas verdes intensivas são caracterizadas por camadas de solo maiores que 20 cm, são constituídas de plantas e arbustos de médio porte, que exigem para o seu desenvolvimento um ambiente mais complexo, e exige uma estrutura reforçada e com as cargas bem distribuídas devido aos esforços extras promovido pelas plantas, solo e água.
- As coberturas verdes extensivas, são caracterizadas por camadas de solo menores que 20 cm, compostas por espécies de pequeno porte, como as autóctones, por resistirem a pouca ou nenhuma manutenção, onde existe uma maior preocupação com irrigação e fertilização até as plantas se estabelecerem, realizando as manutenções necessárias para a funcionalidade da cobertura verde (CORREA e GONZALEZ, 2002).

Existe também, o modelo semiextensivo que reúne as características dos telhados verdes intensivos e extensivos e pode exercer uma carga de 120 kg/m² a 200 kg/m² (SILVA, 2011). Na Figura 2 observa-se modelos esquemático de um telhado extensivo.

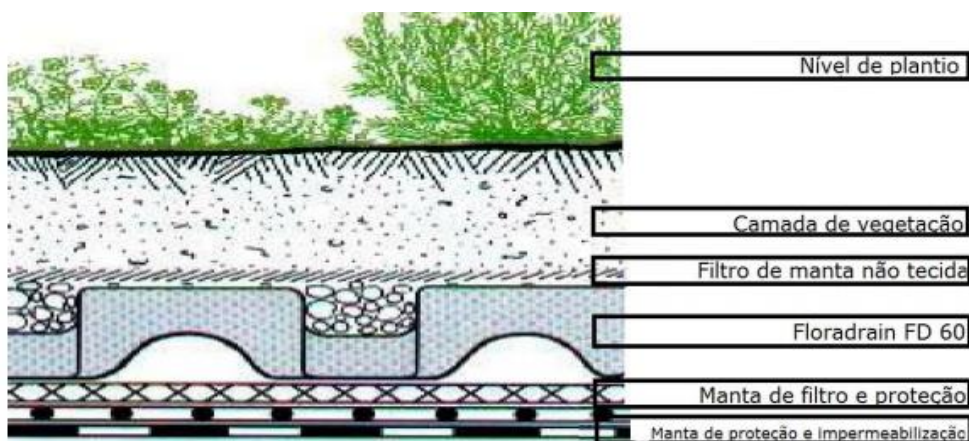


Figura 2 - Corte esquemático de telhado verde extensivo.
Fonte: Araújo (2007).

A escolha da vegetação depende da classificação de telhado verde a ser utilizado, bem como das condições locais e manutenção disponível. Para Heneine (2008), plantas de baixa manutenção, duráveis e resistentes à seca são usadas para coberturas verdes extensivas, sendo que as principais variedades são Sedum, Sempervivum e Saxifraga, ambas espécies de suculentas. Por outro lado, para coberturas verdes intensivas há quase uma ilimitada seleção de plantas, pode-se escolher sua vegetação entre as variedades de plantas perenes, herbáceas, gramas e árvores. As características das três formas de telhado verde podem ser observadas no Quadro 1.

Item	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-Extensivo	Telhado Verde Intensivo
1. Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
2. Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
3. Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
4. Altura do Sistema	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm
5. Peso	60 -150 Kg/m ²	120 - 200 Kg/m ²	180 - 500 Kg/m ²
6. Custos	Baixo	Meio	Alto
7. Uso	Camada de Proteção ecológica	Projetado para ser um Telhado Verde	Parque igual a um jardim

Quadro 1 - Características dos Tipos de Telhado.

Fonte: Adaptado de *International Green Roof Association* (2011).

Referente aos métodos de aplicação de telhado verde encontram-se três tipos:

- **Contínua:** É o tipo de cobertura mais antiga, o substrato é aplicado diretamente sobre a base, devidamente impermeabilizada e protegida por diferentes camadas (FERREIRA, 2007). As camadas se alteram de acordo com a base utilizada e o tipo de clima da região (PEREIRA, 2007).
- **Módulos Pré-Elaborados:** Cobertura para rápida aplicação, na qual os módulos utilizados geralmente são bandejas rígidas com os substratos e a

vegetação já crescidas para facilitar a colocação sobre as coberturas convencionais, além disso, o tamanho da bandeja permite um fácil manuseio e o resultado é imediato (FERREIRA, 2007). Existem diversos tipos de módulos, alguns são constituídos de materiais biodegradáveis, como fibra de coco, e também podem ser composto por restos de resíduos industriais, como solas de sapatos, restos de EVA e outros são até de cimentos (MORAES, 2013).

- Aérea: Esse sistema se caracteriza pela separação da vegetação da sua base, que precisa de um suporte que não é um substrato ou solo, e sim uma tela que servirá como base para seu crescimento. Esta pode ser considerada uma cobertura viva da cobertura tradicional, possui vantagens estruturais em sua instalação, porém não possui efeito isolante como os outros sistemas (SILVA, 2011).

Independente do sistema estrutural escolhido, o telhado verde normalmente deve ser constituído por sete camadas, tais como (ARAÚJO, 2007):

- Laje: Elemento estrutural onde devem ser consideradas as cargas permanentes e as cargas acidentais, também pode ser utilizado um outro suporte estrutural.
- Camada Impermeabilizante: A função é proteger o elemento estrutural de infiltrações, pode ser utilizado materiais diferentes como betuminosos e sintéticos.
- Isolante Térmico: É utilizado de acordo com a incidência de energia solar que a cobertura absorve, poliestireno extrudado pode ser utilizado como material isolante térmico.
- Camada Drenante: Tem como função dar vazão ao excesso de água no solo, pode ser constituída de argila expandida, brita ou seixos de diâmetros semelhantes, sendo fundamental para o sistema. Sua espessura pode variar de 7 a 10 cm, elementos industrializados a base de poliestireno são frequentemente utilizados na Europa por também terem características de isolantes térmicos.
- Camada Filtrante: Evita que a água das chuvas e das regas arraste as partículas de solo do telhado verde, utiliza-se normalmente uma manta geotêxtil.
- Solo: Substrato orgânico que deve possuir boa drenagem, de preferência um solo não argiloso que apresente uma boa composição mineral de nutrientes para o sucesso das plantas, a

espessura varia de acordo com o tamanho das plantas, quanto maior for as plantas maior será a sua profundidade do solo.

- Vegetação: Para a sua escolha é necessário o conhecimento do clima local, o tipo de substrato a ser utilizado, tipo de manutenção que será adotada no telhado verde, no caso de irrigações, o ideal é a escolha de plantas que não são exigentes a umidade e resistem bem ao estresse hídrico.

Além desses detalhes existe ainda a preocupação em relação a contenção da vegetação e seu substrato. Para Willes (2014), as técnicas de contenção variam conforme a inclinação da cobertura, que pode ser classificada por Minke (2004) como telhado plano com inclinação de até 5%; telhado com encosta suave com inclinação de 5% a 35%; telhado com declive com inclinação de 36% a 84% e acima de 84% classifica-se como telhado íngreme.

Tomaz (2005) relata que para coberturas acima de 35% é necessária a utilização de barreiras ou outras estruturas que permitam dar capacidade de suporte entre o substrato e a vegetação para que não deslizem ou excedam a contenção do telhado.

3.2.2.1 Tipos de vegetação mais utilizados em telhado verde

De acordo com Savi (2012), a escolha da vegetação depende da região onde será instalado o telhado verde devido a necessidade de avaliar o clima, a incidência solar, os ventos, entre outros fatores. Além disso, Willes (2014) afirma que as plantas que serão escolhidas precisam ter uma boa ligação das raízes com o solo, para suportar as ações do vento e evitar deslocamentos.

As plantas mais utilizadas em telhados verdes, na Região Sul do Brasil são apresentadas no Quadro 2 (WILLES, 2014):

TIPO DE PLANTA	DESCRIÇÃO	FOTO
Carpete-dourado (<i>Sedum acre</i>)	Espécie de suculenta de baixo porte que sobrevive bem em solo raso, exige cuidados simples, suporte períodos de seca, mas não pode ser utilizada em terraços onde ocorra pisoteio.	
Cacto-margarida (<i>Lampranthus productus</i>)	Planta rasteira, também da família das suculentas, floresce durante a primavera e o verão. Encara o clima frio, mas não o pisoteio. Exige água apenas nos dias mais secos e adubação semestral.	
Echevéria (<i>Echeveria glauca</i>)	Planta rústica, como toda a família das suculentas. Necessita de regas apenas em períodos de seca prolongada, sem exigir poda. Pede adubação semestral e não resiste a pisoteio.	
Grama-amendoim (<i>Arachis repens</i>)	Proporciona forração densa, com flores amarelas em boa parte do ano. É mais indicada para áreas sem pisoteio, dispensa podas regulares e suporta períodos de seca, embora sofra com geadas.	
Grama-esmeralda (<i>Zoysia japônica</i>)	Espécie resistente ao pisoteio, é um dos tipos mais rústicos entre as gramíneas. O plantio de grama, apesar de ser o mais praticado, exigem podas frequentes e requerem muita água.	

Quadro 2 - Espécies mais Comuns de Vegetação na Região Sul.
 Fonte: Adaptado de Willes (2014) e Jardineiro (2017).

Conforme Palmeira (2016), não existe uma lista padrão de plantas recomendadas para uso nos telhados verdes, entretanto existem algumas indicações de espécies mais favoráveis a cada região. Por isso, deve-se observar as peculiaridades das plantas e escolher a mais adequada com base em observações e experiências próprias.

3.2.3 Benefícios da Utilização de Telhado Verde

A implantação dos telhados verdes traz significativas melhorias para as edificações e para a sociedade. Para Araújo (2007), a introdução da cultura dos telhados verdes nas construções urbanas pode amenizar e recuperar o equilíbrio do ecossistema urbano e melhorar a qualidade de vida.

De acordo com Beilfulss e Linck (2017), a importância e aplicação do telhado verde tem aumentado, devido aos diversos benefícios baseado no conforto térmico e acústico para ambientes internos, aumento da umidade relativa do ar, auxilia na drenagem urbana através da retenção das águas pluviais, e além disso, aumenta a biodiversidade local e o contato com áreas verdes.

Nas cidades as coberturas verdes funcionam como um filtro contra a poluição e na manutenção da umidade relativa do ar, não tendo somente um caráter estético e ornamental (GOMEZ, 1998). Niachou (2001) destaca que o telhado verde é uma opção para diminuir os efeitos das ilhas de calor, ocasionadas pela urbanização, de modo a proporcionar conforto térmico e ambiental nas edificações, e também, auxiliar na economia de energia para climatização de ambientes. Além disso, as áreas verdes estão se tornando escassas com o aumento das áreas urbanas, e esta técnica tem sido uma opção eficiente na manutenção e no aumento das áreas verdes.

3.2.3.1 Controle de temperatura

Em busca de soluções para resolver as problemáticas do processo de urbanização e tornar as edificações sustentáveis, resgatou-se os telhados verdes da antiguidade. Conforme Niachou (2001), este tem sido de grande importância na redução das ilhas de calor nas grandes cidades por reduzir as temperaturas internas das edificações, controlar o efeito estufa e favorecer o clima do entorno.

Spangenberg (2004) ressalta que o telhado verde é eficiente na redução da temperatura das coberturas, de modo a permitir aos moradores das edificações conforto térmico com conseqüente diminuição do uso do ar condicionado e redução

do consumo de energia. Os principais benefícios da vegetação em climas quentes baseiam-se em reduzir a radiação solar e diminuir a temperatura do ar, devido a evapotranspiração. Assim, temperaturas baixas são essenciais para limitar o uso de energia para resfriamento e melhorar as condições de conforto térmico.

A redução da temperatura interna nas edificações deve-se às camadas de substrato e vegetação atuarem como uma manta isolante (FERREIRA, 2008). A cobertura vegetal utiliza parte da radiação solar incidente no processo de fotossíntese, filtra uma outra parte e reflete o restante desta radiação, o que favorece a diminuição da temperatura na superfície das construções (ALVAREZ, 2004; ALVAREZ et al., 2010).

Materiais usados na construção civil armazenam radiação solar e reemitem essa radiação na forma de calor, tornando as cidades até 17 °C mais quentes do as zonas rurais ou que possuem mais vegetação (PIERGILI, 2007). Para Ferraz (2012), a capacidade de absorver calor combinado com a falta de vegetação e o excesso de água que não é absorvido por áreas impermeáveis, resultam em edificações com temperaturas internas mais altas que as normais de conforto.

As áreas vegetadas podem minimizar os impactos dos problemas decorrentes da variação térmica das cidades (OLIVEIRA et al., 2006). Neste contexto, além dos benefícios à própria edificação e moradores, a utilização em larga escala de coberturas verdes poderia reduzir em 1 °C ou 2 °C a temperatura nas grandes cidades (SPANGENBERG, 2004).

3.2.3.2 Retenção de água

Segundo Silva et al. (2015) durante o processo de urbanização ocorre gradativamente a substituição da cobertura natural por pavimentos impermeáveis, isto provoca significativas alterações no ciclo hidrológico. Estas alterações ocasionam a redução da taxa de infiltração e o aumento da taxa de escoamento superficial, o que pode acarretar em alagamentos e inundações das cidades.

Em estudos realizados por Castro e Goldenfum (2010) referente ao escoamento superficial, mostram que os telhados verdes conseguiram reduzir o

escoamento superficial em 50% em comparação com um telhado convencional. Para Lee et al. (2013), a capacidade de retenção de um telhado verde varia entre 44% e 52%, por outro lado, um telhado de concreto possui a capacidade de retenção de 9%.

Na Figura 3 demonstra o escoamento pluvial de um telhado verde e de um telhado convencional. Para interpretação da imagem deve-se levar em conta a espessura das setas. Como por exemplo, quanto mais grossa a espessura da seta de escoamento superficial maior o fluxo de escoamento, assim quando maior a seta de evapotranspiração maior será seu índice.

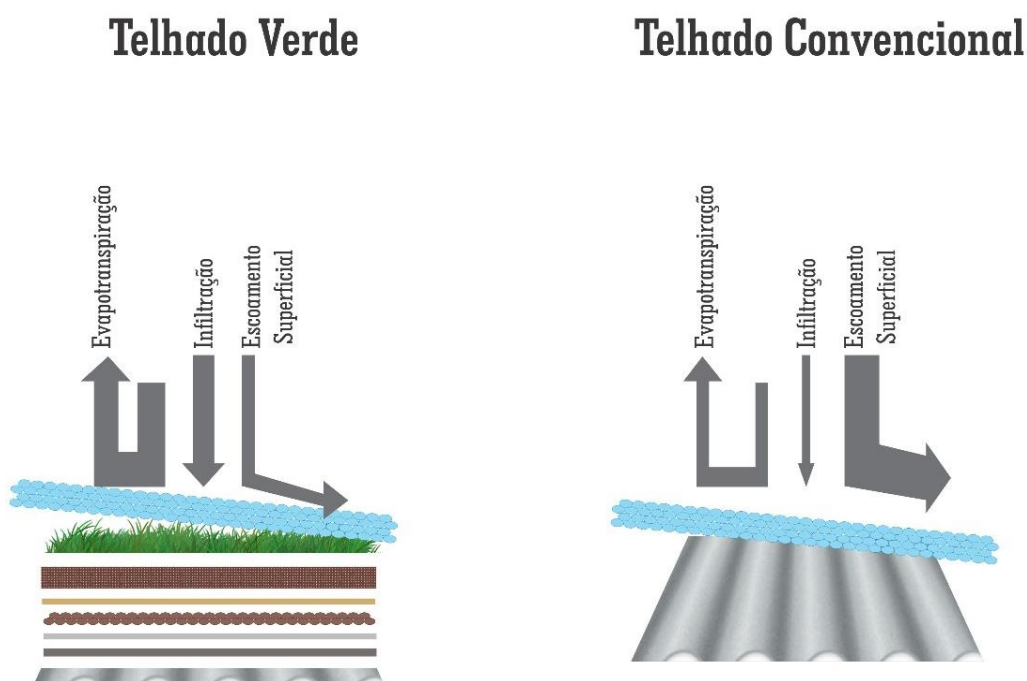


Figura 3 - Escoamento Pluvial em um Telhado Verde e em um Telhado Convencional.
Fonte: Adaptado de Cunha e Mediondo (2004).

Neste sentido, os telhados verdes podem ser aplicados como forma de controlar o escoamento superficial urbano, pois as camadas de vegetação e substrato dos telhados verdes, possuem a capacidade de retenção de água (MORAES, 2013). Silva et al. (2015) afirmam que o telhado verde pode se caracterizar como um dispositivo útil, desde que o volume escoado seja armazenado em reservatórios para posterior uso ou descarte na rede de drenagem.

Moraes (2013) ressalta que os telhados verdes surgem como importantes aliados para minimizar os hidrogramas de cheias. Com a utilização de telhados verdes em maior escala, os sistemas de captação de água pluvial poderiam ser

dimensionados de tamanho menor, eliminando em muitas cidades a necessidade de construção de grandes reservatórios para armazenar o excesso de água, que ocorrem em dias de alta pluviosidade (WILLES, 2014).

Desta forma, além destes benefícios, o telhado verde pode melhorar a estética dos grandes centros urbanos, com o propósito de ser uma alternativa contra o “visual cinza”. Além de auxiliar na recuperação parcialmente de áreas verdes que foram perdidas com o processo de urbanização (GREEN ME, 2015).

3.2.4 Exemplos de Aplicação de Telhado Verde

A necessidade de edificar as áreas urbanas demonstra a conveniência de adaptação das estruturas com telhados verdes. No Brasil, essa técnica ainda é considerada novidade e ainda não existem muitas construções que a utilizam.

Na região oeste do Paraná, encontra-se uma área de preservação ambiental, o Refúgio Biológico Bela Vista (Figura 4), uma área da Itaipu Binacional que foi construída visando adequação aos princípios de sustentabilidade, por meio do projeto urbano com a instalação de telhado verde em suas edificações. Estes edifícios foram construídos em 2002, já com os telhados ecológicos, nota-se que uma série de cuidados e técnicas foram aplicadas para que o telhado verde correspondesse com os resultados esperados quanto ao conforto térmico (JATHAY et al. 2000).



**Figura 4 - A - Vista Aérea do Refúgio Bela Vista; B - Telhado Verde do Refúgio Bela Vista.
Fonte: Itaipu Binacional (2008).**

De acordo com Jathay et al. (2000), o posicionamento de plantio das árvores no Refúgio Bela Vista foi determinado, a fim de garantir a projeção de sombra nas paredes durante as horas mais quentes do dia. As espécies selecionadas apresentam hábito decidual, para permitir a passagem dos raios solares nos meses de baixas temperaturas. Além disso, as espécies selecionadas são nativas, regionais ou estaduais. As edificações contam também com as janelas voltadas para o norte, leste e oeste, assim são protegidas da exposição direta ao sol por espécies arbustivas, a fim de reduzir os ganhos de calor nestas áreas durante o verão.

Outro exemplo interessante de aplicação de telhado verde no Brasil, ocorreu em Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, onde foi implementado um projeto de restauração de um ponto de ônibus. De acordo com o Ecoguia (2017), o projeto aproveitou a estrutura original do ponto de ônibus, sendo realizados pequenos ajustes para a instalação do teto verde, além de duas placas fotovoltaicas que tornam a parada energeticamente autossuficiente e permite que os usuários do ponto façam recargas de celulares. Pode-se observar na Figura 5, o ponto de ônibus restaurado, que foi denominado de parada verde.



Figura 5 - A - Vista frontal da Parada Verde; B – Telhado Verde e Placas Fotovoltaicas.
Fonte: ECOGUIA (2017).

Um modelo internacional de telhado verde de referência é o edifício *New Providence Wharf* localizado na área de docas de *Isle of Dogs* em Londres, trata-se de um edifício habitacional que incorpora telhado verde como forma de espiral gigante de oito andares.

De acordo com Pinto (2014), cada nível das coberturas do Edifício *New Providence Wharf* (Figura 6) estão rodeadas de arbustos verdes para proteger os locais dos ventos fortes, além de garantir privacidade aos moradores. Este é

considerado o telhado mais elevado e está a cerca de 58 metros de altura, na qual foi plantado espécie Sedum, que proporciona um habitat natural para uma espécie rara de pássaros, os "Black Redstart". Além desses andares, o pátio central, cercado pelo edifício, é também constituído por telhado verde.



Figura 6 - A - Vista superior do pátio central do edifício; B - Andares com coberturas de Telhado Verde.

Fonte: *Green Roofs* (2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no município de Medianeira, estado do Paraná, localizado na latitude $25^{\circ}17'43''\text{S}$ e longitude $54^{\circ}05'38''\text{W}$, o município apresenta clima subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas e temperaturas elevadas no verão, com pluviosidade média anual de 1.923 mm (CLIMADATE, 2017).

O experimento foi implementado no pátio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Medianeira (Figura 7), mediante a construção de dois protótipos, um com telhado convencional com cobertura de fibrocimento e outro com telhado verde. O experimento foi conduzido durante os meses de Abril a Junho de 2017.



Figura 7- Localização do Experimento na UTFPR.
Fonte: Google Earth Pro (2017).

4.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos são compostos por uma estrutura a base de tijolos, calhas para a retenção da precipitação pluvial e dois diferentes tipos de telhado, um com cobertura convencional de fibrocimento e outro com cobertura verde (Figura 8).

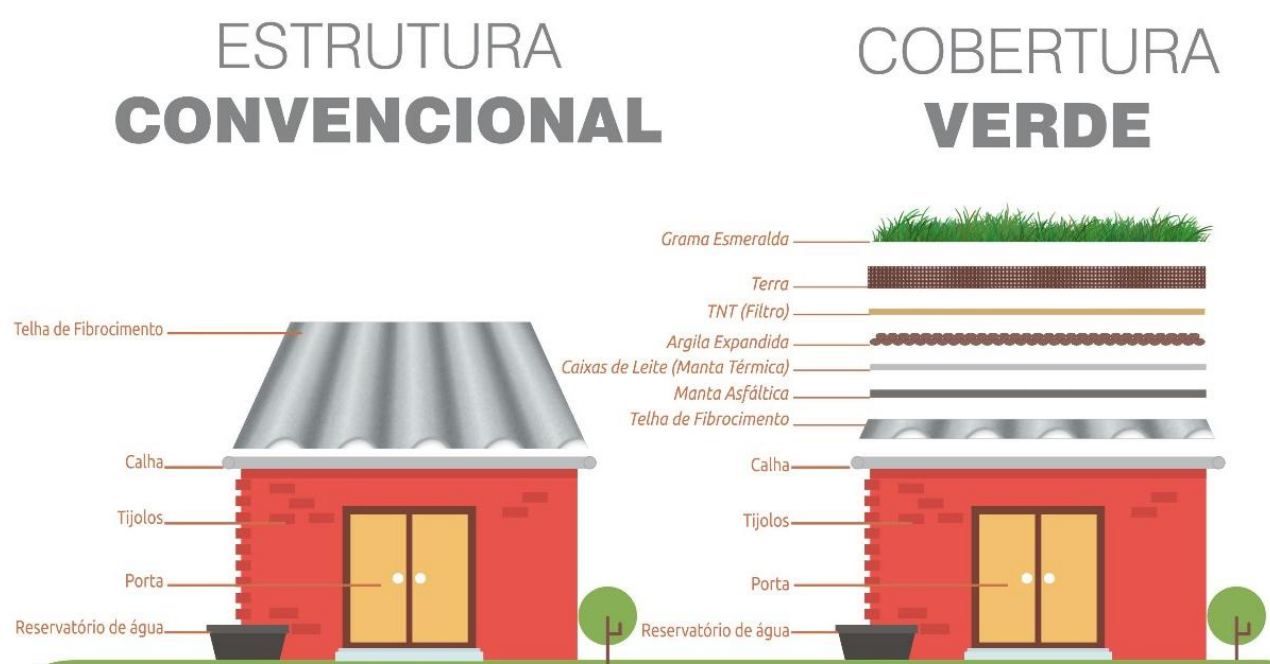


Figura 8 - Modelo da Estrutura dos Protótipos com Telhado Convencional e Verde.

O local de instalação dos protótipos foi escolhido com base em algumas condições como insolação constante, que não houvesse a interferência de sombreamento por edificações ou vegetação e pela proximidade da Estação Meteorológica da UTFPR, com distância de aproximadamente de 360 metros do módulo experimental.

A metodologia utilizada para a construção dos protótipos foram baseadas nas aplicações realizadas por Tassi et al. (2014) e Moraes (2013). A primeira metodologia visa o uso do telhado verde para coleta de águas pluviais, com uma construção de aproximadamente 12 m² e possuía a estrutura de tijolos; a edificação foi dividida em duas regiões, metade da área com telhado verde e a outra metade com telhado convencional com cobertura de telha de fibrocimento. Já a segunda metodologia analisou os custos e vantagens do telhado verde em relação ao telhado convencional, a partir de estruturas constituídas por madeira, bem como analisou as

variações de temperaturas entre dois protótipos para observar o desempenho térmico do telhado verde.

A seguir apresenta-se uma descrição da construção dos protótipos com detalhamento das estruturas, materiais utilizados e custos para implementação.

4.2.1 Estrutura dos Protótipos

Os protótipos foram construídos com aproximadamente um metro quadrado (95 x 120), ambos com declividade de 14% do telhado. Os materiais (Tabela 1) utilizados para a construção da estrutura dos protótipos foram tijolos, telhas de fibrocimento, madeira para porta, a qual permite acesso ao interior dos protótipos para realizar o monitoramento das temperaturas.

Tabela 1 - Materiais para Construção dos Protótipos.

MATERIAL	DIMENSÃO	QUANTIDADE	CUSTO
Tijolos	9 x 14 x 24 m	250	R\$ 145,00
Telhas Fibrocimento	1.100 x 153 x 6 mm	2	R\$ 66,30
Cimento	20 kg	2	R\$ 47,80
Caibros	5 x 5 cm	2	R\$ 18,90
Vedalit	1 litro	1	R\$ 20,40
Parafuso Telheiro	16 x 110 mm	10	R\$ 8,50
Ripa de Madeira	2,5 x 20 cm	3	R\$ 11,40
Areia	20 kg	7	R\$ 37,00
Pregos	17 x 27	-	R\$ 8,42
Massa de textura	25 kg	1	R\$ 61,20
TOTAL			R\$ 455,97

Utilizou-se a mesma estrutura para ambos os protótipos, diferenciando apenas o tipo de cobertura utilizada nos telhados. Para evitar a interferência nas variações das temperaturas, os protótipos foram pintados com massa de textura na cor branca, de modo que tom mais claro não absorve raios ultravioletas com a mesma intensidade que as cores mais escuras.

4.2.2 Sistema de Telhado Convencional e Verde

A estrutura de um dos protótipos foi com base em telhado composto por sistema convencional de fibrocimento e a outra de telhado verde semi-extensivo, com o método de aplicação contínua (Figura 9). Ressalta-se que se escolheu este modelo de telhado verde pelo fato de suportar mais carga que um telhado extensivo e seu tipo de vegetação ser intermediário, ou seja, não são espécies de grande porte, mas, também não se limita apenas em gramíneas.

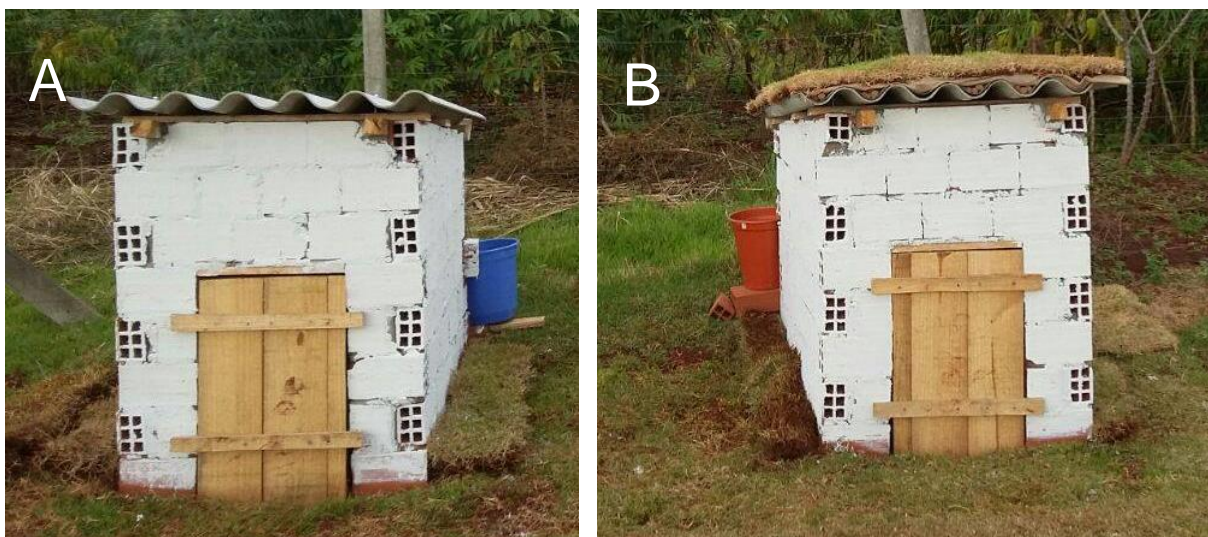


Figura 9 - A - Protótipo com Telhado Convencional; B - Protótipo com Telhado Verde.

Quanto a vegetação, optou-se pela grama do tipo esmeralda (*Zoysia japônica*), pois possui efeito atapetado com baixa necessidade de poda, e contém o avanço de ervas daninhas. As folhas da grama esmeralda são estreitas e médias, de cor verde-esmeralda e estolões penetrantes, que enraízam facilmente (PARDIM, 2015). Após a instalação dos protótipos foi realizado o monitoramento do crescimento da grama e para tanto, a mesma foi regada com água para garantir a manutenção de toda estrutura.

Com base na metodologia de Moraes (2013), a carga da grama esmeralda com 5 cm de substrato é, em média, 80 kg/m², considerando o sistema já saturado de água e, posteriormente vegetado. É importante ressaltar que esta estimativa de

peso pode variar conforme o tipo de vegetação escolhida ou pela quantidade de substrato aplicado. Os materiais utilizados para a construção do telhado verde podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais para Construção do Telhado Verde.

MATERIAL	DIMENSÃO	QUANTIDADE	CUSTO
Manta Asfáltica	3 mm/m ²	2 m ²	R\$ 50,30
Areia Expandida	75 kg	01 saco	R\$ 75,00
Gramma Esmeralda	2 m ²	2 m ²	R\$ 15,00
Terra Vegetal	5 kg	02 sacos	R\$ 24,00
TNT	4 m	4 m	R\$ 7,40
TOTAL			R\$ 171,70

4.2.3 Estrutura da Calha

A estrutura dos protótipos para o escoamento da precipitação pluvial foi composta por calhas de PVC e baldes plásticos graduados para armazenamento da água coletada (Tabela 3). Os canos de PVC foram instalados logo abaixo do beiral dos telhados, as águas pluviais escoadas foram destinadas aos baldes para o armazenamento.

Tabela 3 - Materiais para Construção do Telhado Verde.

MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO
Balde Plástico	15 litros	2	R\$ 15,00
Tubo PVC	100mm	2 metros	R\$ 18,05
Tampão PVC	100mm	2	R\$ 13,00
TOTAL			R\$ 46,06

4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis monitoradas (Figura 10) no sistema de protótipos foram as variações diárias de temperatura para relacionar o conforto térmico que o telhado verde pode proporcionar e medição da quantidade de precipitação pluvial.

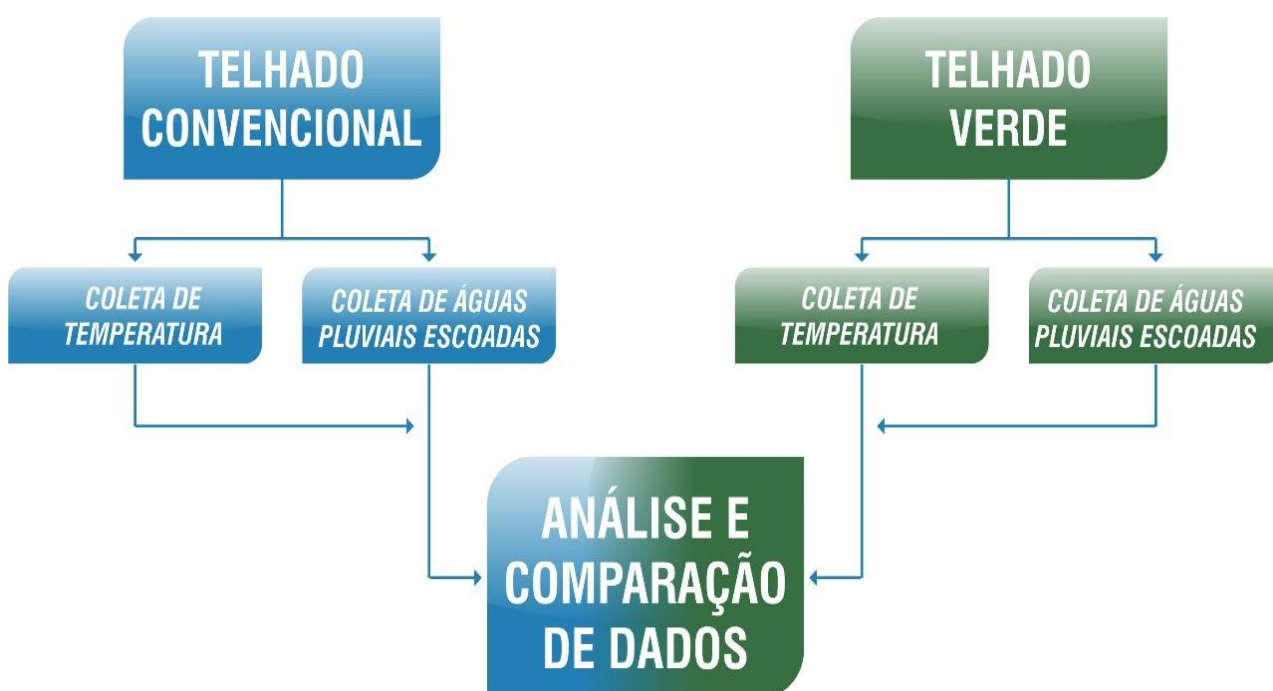


Figura 10 - Fluxograma das Variáveis Analisadas.

4.3.1 Monitoramento das Variáveis

Para realizar o monitoramento das temperaturas nos protótipos instalou-se no interior de ambas as estruturas, dois termômetros do modelo Western com localização um na parte inferior central (chão) e outro na parte superior central (teto) das estruturas (Figura 11).

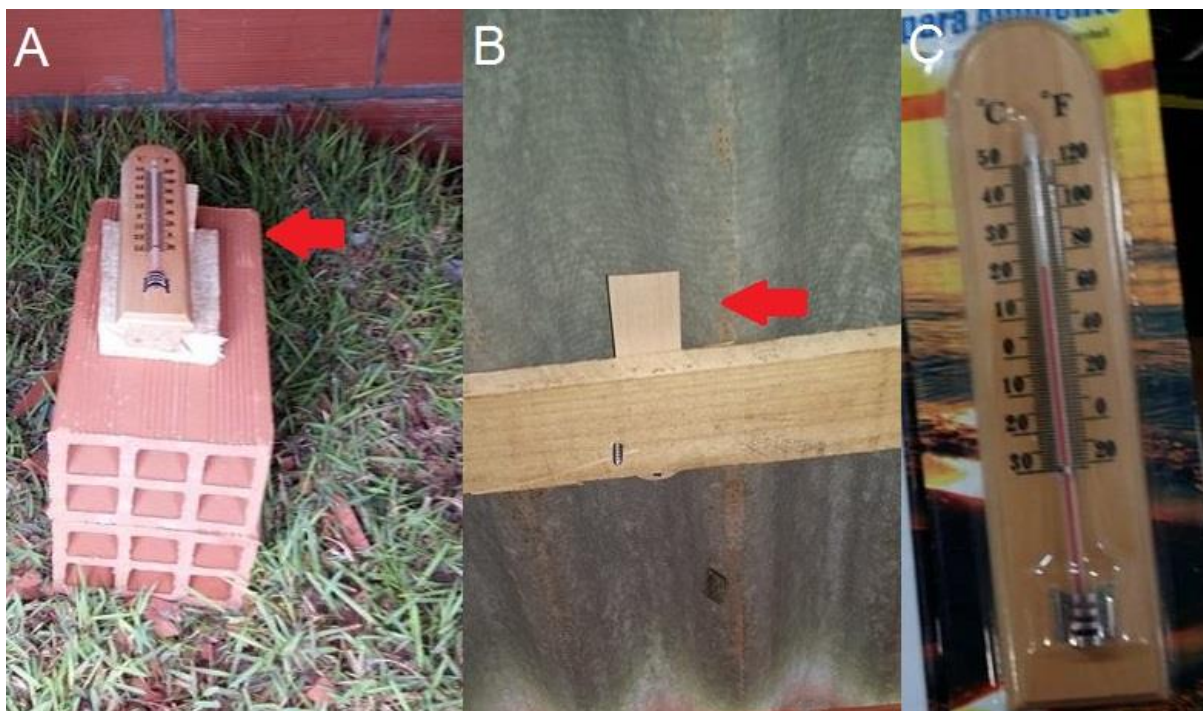


Figura 11 - Localização dos Termômetros: A - Termômetro “chão”;
B - Termômetro “teto”;
C – Termômetro utilizado.

As medições de temperaturas diárias ocorreram em três períodos do dia, sendo durante as manhãs (09h00), tardes (15h00) e noites (21h00), ou seja, sempre nos mesmos horários por um período de 40 dias.

A retenção de água pelos sistemas de protótipos foram baseadas na coleta e verificação dos volumes retidos em recipientes (baldes plásticos). Para tanto foram instaladas calhas em ambos os telhados, de forma que todo o escoamento excedente da precipitação pluvial fosse conduzido até estes recipientes instalados na parte inferior das estruturas.

Após a ocorrência das chuvas, toda a água armazenada foi quantificada e posteriormente eliminada. A medição da quantidade de água precipitada foi registrada de forma manual, por meio da graduação em litros dos baldes plásticos e posteriormente eliminada.

Além da coleta de dados primários como temperatura e precipitação foram coletados também, os dados secundários climáticos como temperatura, umidade e radiação, por meio do registro automático da Estação meteorológica da UTFPR. A estação localiza-se no entorno da UTFPR e é monitorada pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) que por via sistema eletrônico é responsável por monitorar as condições agrometeorológicas no estado do Paraná.

Para análise dos resultados, utilizou-se o Excel como ferramenta de apoio, para desenvolver gráficos e auxiliar na interpretação dos dados referente as temperaturas e quantificação das águas pluviais excedentes.

5 RESULTADOS E DICUSSÃO

O telhado verde apresentou diferentes características e propriedades quanto ao desempenho térmico e volume de escoamento da água pluvial em relação ao telhado convencional, os resultados obtidos em ambas estruturas são apresentados a seguir.

5.1 CONFORTO TÉRMICO

Realizou-se uma média das temperaturas diárias coletadas no período do experimento, e, com esta média pode-se observar que as variações de temperatura em cada mês de coleta de dados. Observa-se que ao decorrer do mês de maio, este apresentou temperaturas mais elevadas, diante disso pode-se observar que as médias de temperaturas nesses período foram de 23,3 °C para o telhado verde, enquanto o telhado convencional ficou com uma média de 23 °C, e, as médias da temperatura ambiente ficaram em torno dos 20 °C. Já para o mês de Junho, o qual apresentou temperaturas mais baixas, nota-se que o telhado verde obteve uma média de 20,2 °C, e o telhado convencional de 19,6 °C, enquanto a temperatura ambiente apresentou uma média de 18,2 °C. Conforme demonstra a Figura 12.

Realizou-se também uma média das temperaturas diárias coletadas no período do experimento, e, com esta média pode-se observar que as variações de temperatura inferior e superior no interior do protótipo com telhado verde situaram-se entre 21,5 °C e 22,3 °C, respectivamente. Para o telhado convencional as temperaturas obtidas foram de 23 °C para temperatura superior “teto” e 22,5 °C para a temperatura inferior “chão”. Ressalta-se que as temperaturas obtidas no telhado verde foram mais baixas em relação ao telhado convencional, conforme demonstra a Figura 13.

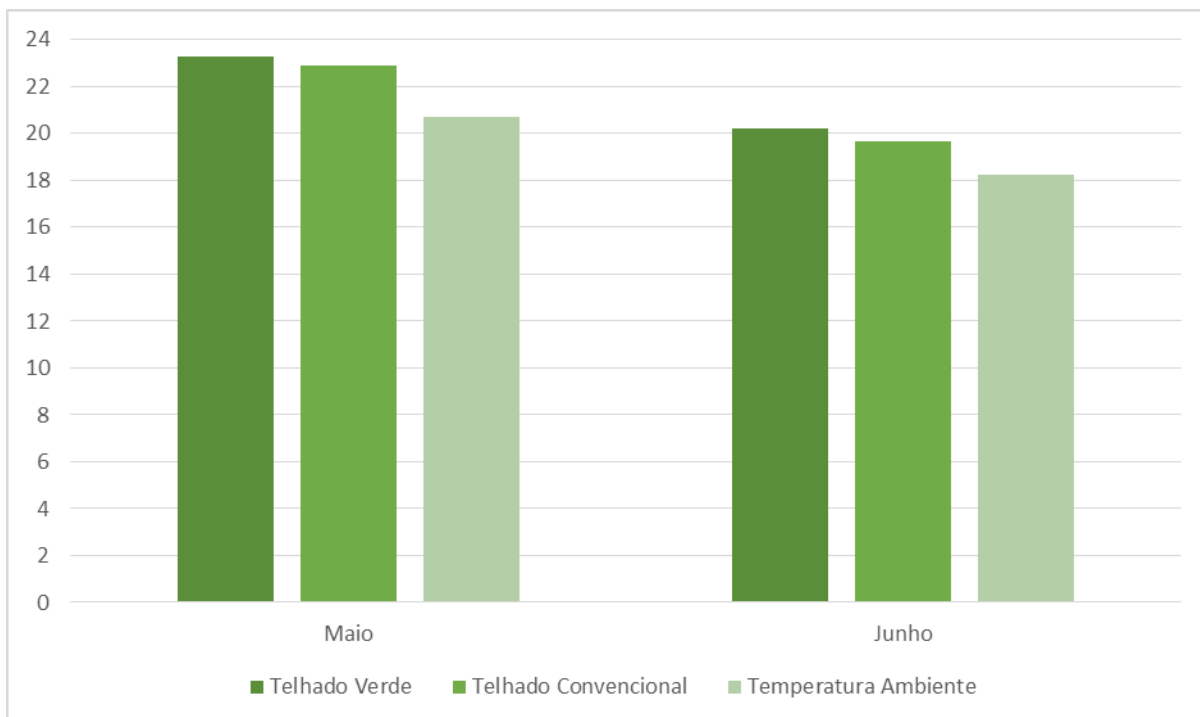


Figura 12 – Média de Variação de Temperaturas dos Protótipos.

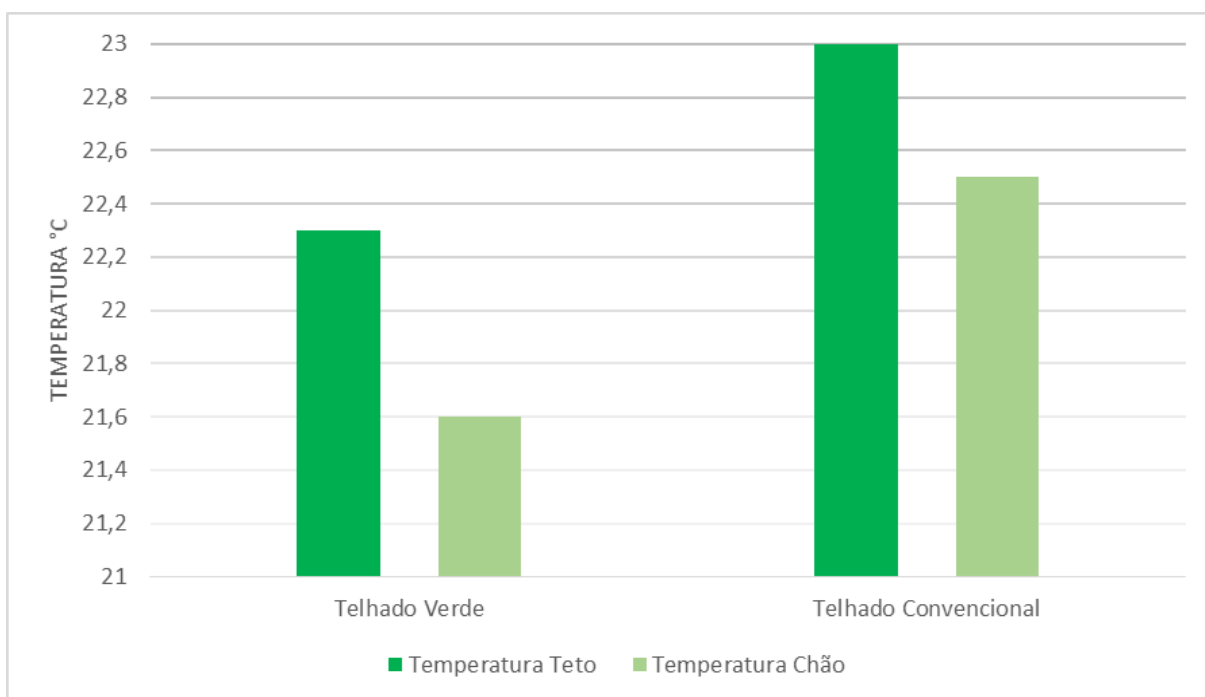


Figura 13 - Variação de Temperaturas no Interior dos Protótipos.

A Norma Regulamentadora 17 refere-se sobre ergonomia e destaca que para haver conforto nos ambientes onde ocorrem atividades intelectuais e atenção constante, por exemplo, como salas de aula, laboratórios e escritórios, o indicado é um padrão de temperatura entre 20 °C e 23 °C.

Nesse contexto, observa-se que os dois modelos de telhados estão de acordo com os padrões de conforto térmico, porém o telhado verde ainda apresenta temperaturas mais amenas em relação ao telhado convencional. Ao analisar os dados coletados separadamente, verificou-se que ocorreu uma variação de 2 °C a 3 °C entre as duas estruturas.

Pouey et al. (1998) descreve que durante as estações mais frias, as oscilações diárias de seus protótipos foram de 1,3 e 2,0 °C, para o telhado verde e para o telhado convencional, respectivamente, dados estes que foram próximos as variações de temperatura dos protótipos em estudo durante os dias mais frios.

A Figura 14 apresenta as variações de temperatura interna dos protótipos e temperatura ambiente mediante aos dados obtidos da Estação Meteorológica da UTFPR. Estes dados foram coletados em três horários do dia mais frio durante o período de monitoramento do experimento.

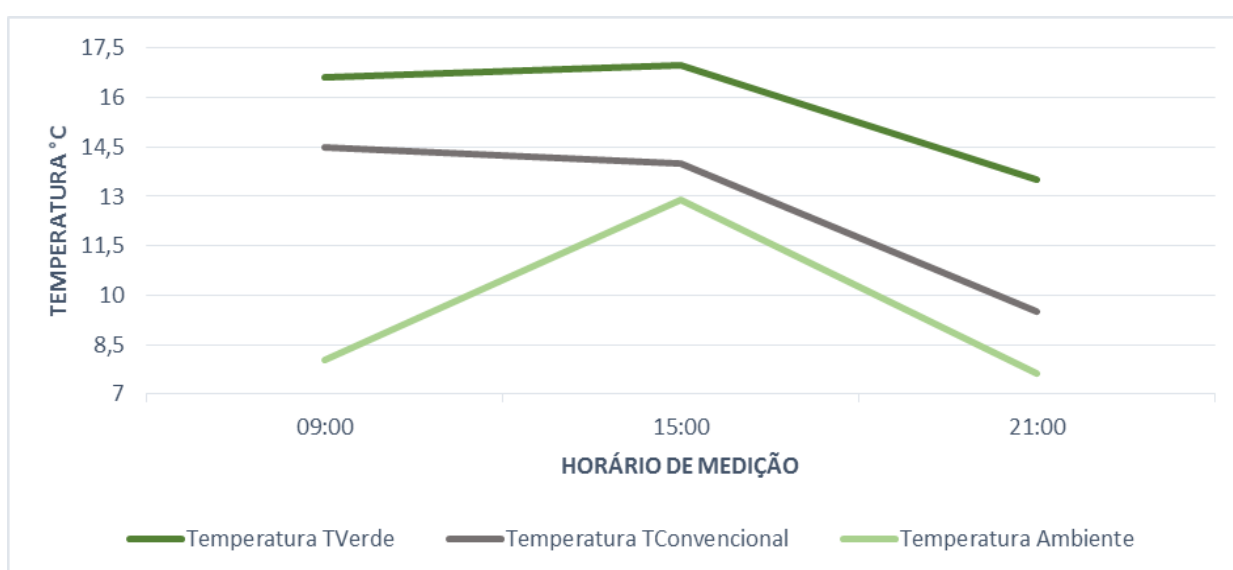


Figura 14 – Variação Temperaturas no Interior dos Protótipos no Dia mais Frio.

Durante os dias mais frios o telhado verde manteve-se com a temperatura mais alta que o telhado convencional e a temperatura ambiente. Estudos realizados por Moraes (2013) indicam também essa diferença de temperaturas, tendo uma variação de 3 °C em períodos mais quentes do dia e para os mais frios do dia, na qual o telhado verde apresenta-se com uma temperatura superior.

As variações de temperaturas externas e internas do ambiente a partir de dados coletados durante os três horários do dia mais quente verifica-se uma variação de 2 °C (Figura 15). O telhado verde apresentou uma temperatura superior

em relação a temperatura ambiente, mantendo-se com aproximadamente 25 °C, enquanto o telhado convencional variou de aproximadamente 25 °C a 34 °C, observando uma diferença de até 7 °C entre os telhados analisados.

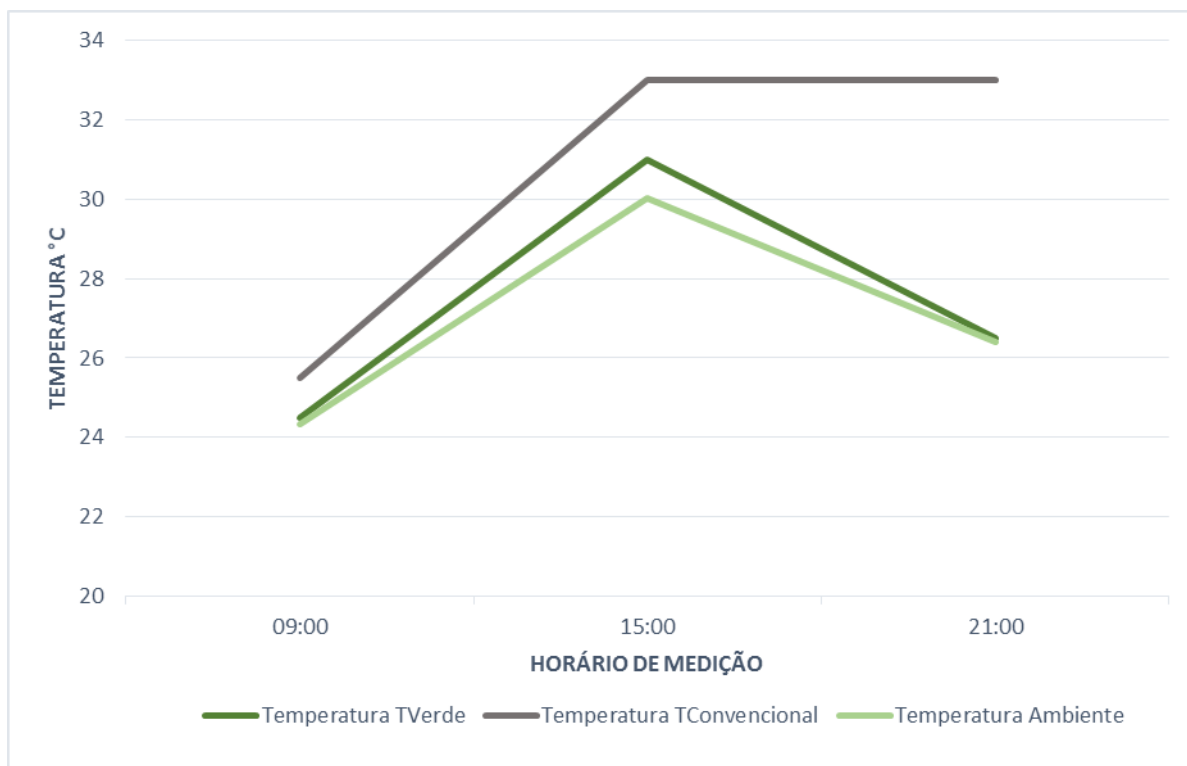


Figura 15 - Variação das Temperaturas Externas e Internas no Dia mais Quente.

A Figura 16 demonstra as variações de temperaturas externas e internas do ambiente, com dados coletados no dia com maior índice pluviométrico durante o período de monitoramento. Observa-se que ocorreu uma variação de 2 °C em todos os instantes do dia em relação ao telhado convencional, quando verificado em relação ao telhado verde e temperatura ambiente. Neste caso, o telhado verde manteve-se com aproximadamente 20 °C apesar dos níveis de pluviosidade, a temperatura ambiente foi de 16 °C, enquanto o telhado convencional manteve-se com aproximadamente 17 °C. A precipitação total registrada neste dia pela estação meteorológica foi de 84 mm.

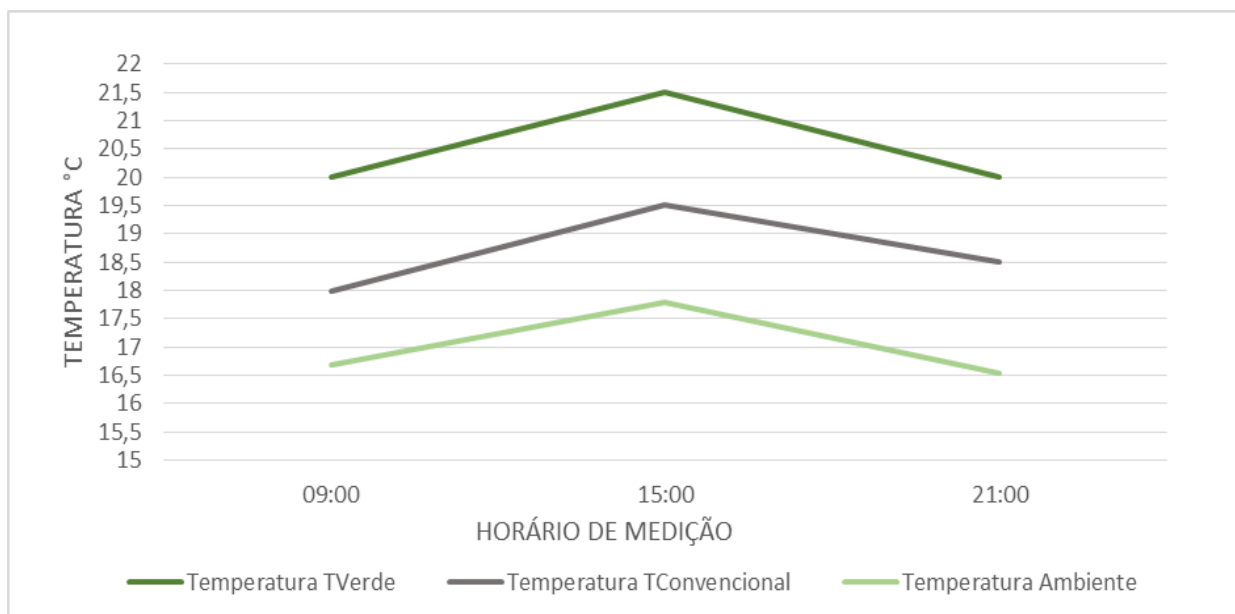


Figura 16 - Variação das Temperaturas Externas e Internas no Dia com mais Chuva.

Por meio desses dados, pode-se verificar que houve maior desempenho térmico do telhado verde quanto a oscilação de temperatura, tanto nos dias mais frios como nos que apresentaram elevadas temperaturas em comparação com o telhado convencional.

Isto pode ocorrer em virtude das estruturas dos protótipos, sendo que em temperaturas mais frias o telhado verde apresentou temperaturas mais quentes do que o telhado convencional, e, em temperaturas mais quentes o telhado verde manteve-se com temperaturas mais amenas em relação ao convencional. Apesar das temperaturas variarem em apenas 2 °C, se esta estrutura fosse empregada em uma escala maior, espera-se que, este modelo de telhado verde auxiliaria significativamente quanto ao conforto térmico das edificações.

Vecchia (2005) realizou um experimento de comparação da temperatura interna de módulos construídos com diferentes coberturas, em um dia de temperatura externa de 34 °C verificou-se que a temperatura máxima no interior do módulo de cobertura verde foi de 28,8 °C, a maior amplitude observada (5,2 °C) quando comparada às demais coberturas, fato este que evidencia a eficiência de isolamento térmico do telhado verde.

Ainda quanto ao desempenho térmico dos telhados verdes, Espínola (2010) encontrou resultados semelhantes a este estudo ao observar diferenças entre as temperaturas médias internas de construções com telhado convencional e telhado verde em relação à temperatura externa.

Neste caso, destacou que quando a temperatura externa é elevada, a redução térmica para o interior da edificação com telhado verde é mais pronunciada, em torno de 4,4 °C, enquanto para edificação com telhado convencional ficou em 1,5 °C. Para temperatura mais amena ou no período de inverno, a diferença no telhado verde ficou de 0,45 a 0,96 °C e no telhado convencional ficou de 0,1 a 0,35 °C, resultando assim em uma maior eficiência do telhado verde no período de temperaturas mais elevadas, característico do período de verão (ESPÍNOLA, 2010).

Ferraz (2012) observou menor temperatura interna do ambiente com telhado verde em relação a temperatura externa do ar na hora mais quente do dia, e índices maiores em relação a temperatura externa na hora mais fria.

Diante das referidas pesquisas observa-se que os telhados verdes apresentaram um desempenho térmico satisfatório em relação as variações de temperaturas internas a edificação, e está de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

5.2 ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

O monitoramento do escoamento pluvial foi realizado pela medição dos volumes escoados nos recipientes acoplados nas estruturas dos protótipos durante os dias chuvosos. Para utilizar o dado climático de precipitação realizou-se uma análise das informações fornecidas pela Estação Meteorológica da UTFPR, em que observa-se, que ocorrem 19 eventos chuvosos dentre o período de 40 dias de análise, e a maior precipitação situou-se em 84 mm de precipitação (Figura 17).

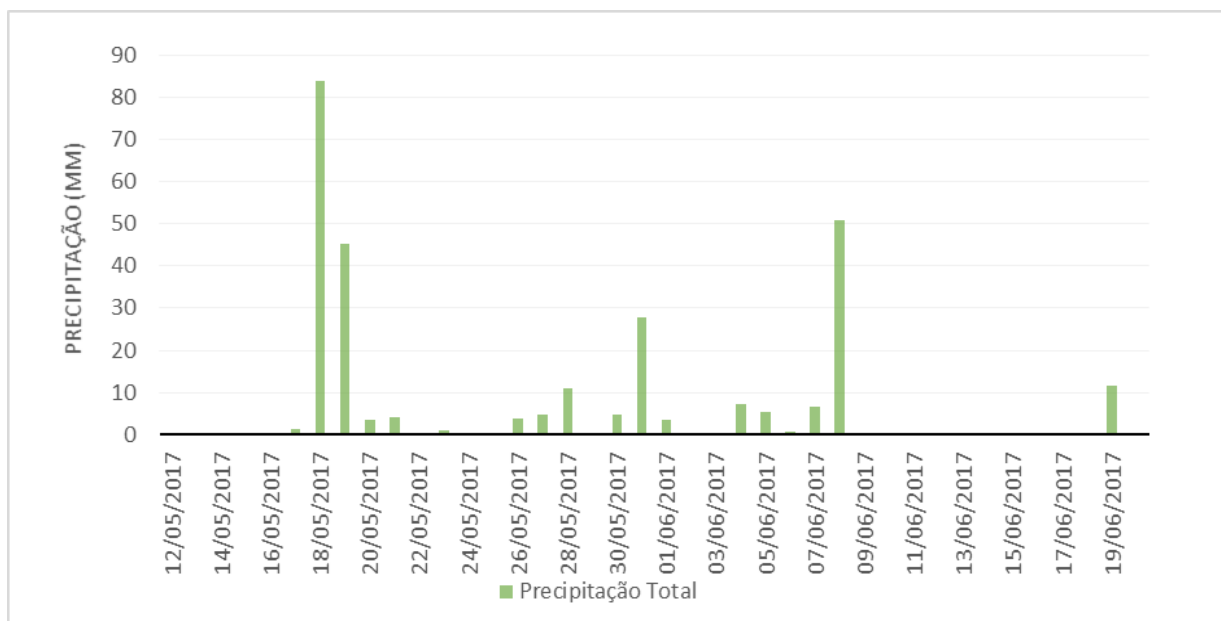


Figura 17 – Dados da Estação Meteorológica - Precipitação.

A Umidade Relativa do Ar (URA) apresentou uma média mensal com variação de até 28,09%. O percentual mais baixo de umidade relativa do ar foi de 71,91%, a média observada no período do estudo foi de 89,35%, e o percentual máximo alcançou 100% de umidade relativa do ar (Figura 18). Ressalta-se que a umidade relativa do ar refere-se a relação entre a quantidade de água existente no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (BRASIL, 1992), sendo uma importante variável ambiental para o conforto térmico do ambiente.

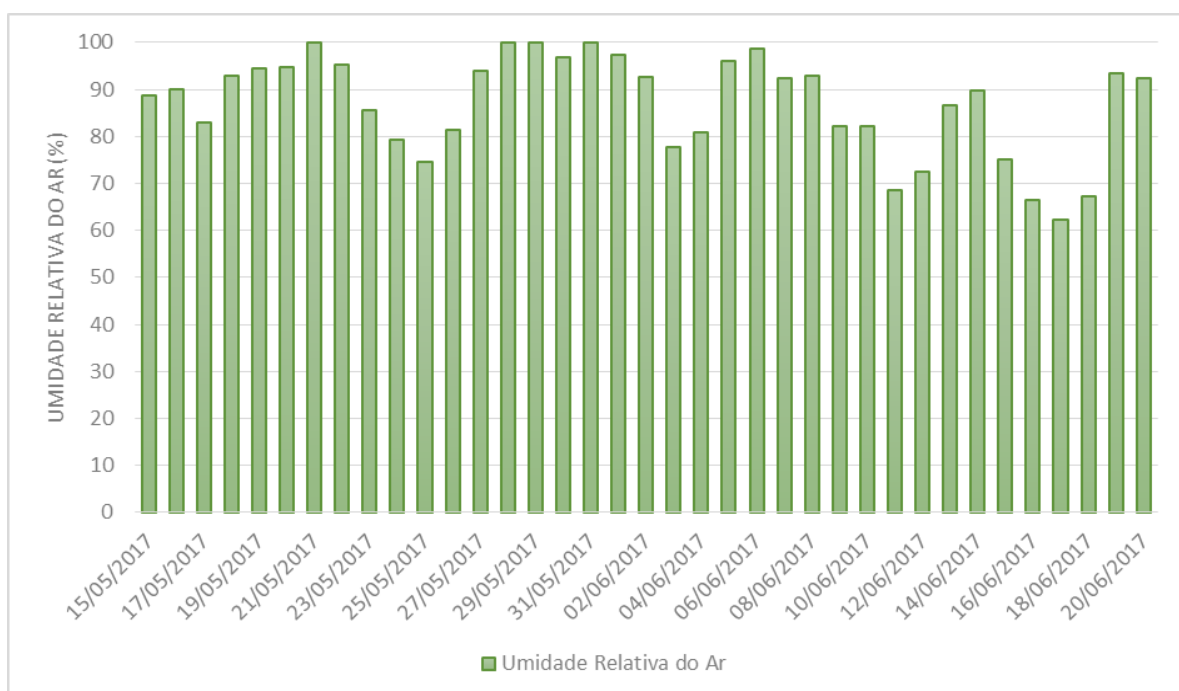


Figura 18 – Dados da Estação Meteorológica - URA.

Na Figura 19 apresenta-se o volume escoado em cada um dos protótipos. Nota-se que o telhado verde foi mais eficiente na retenção de água pluvial em relação ao telhado convencional, de modo a reter 1,4 mm e 2,7 mm, respectivamente.

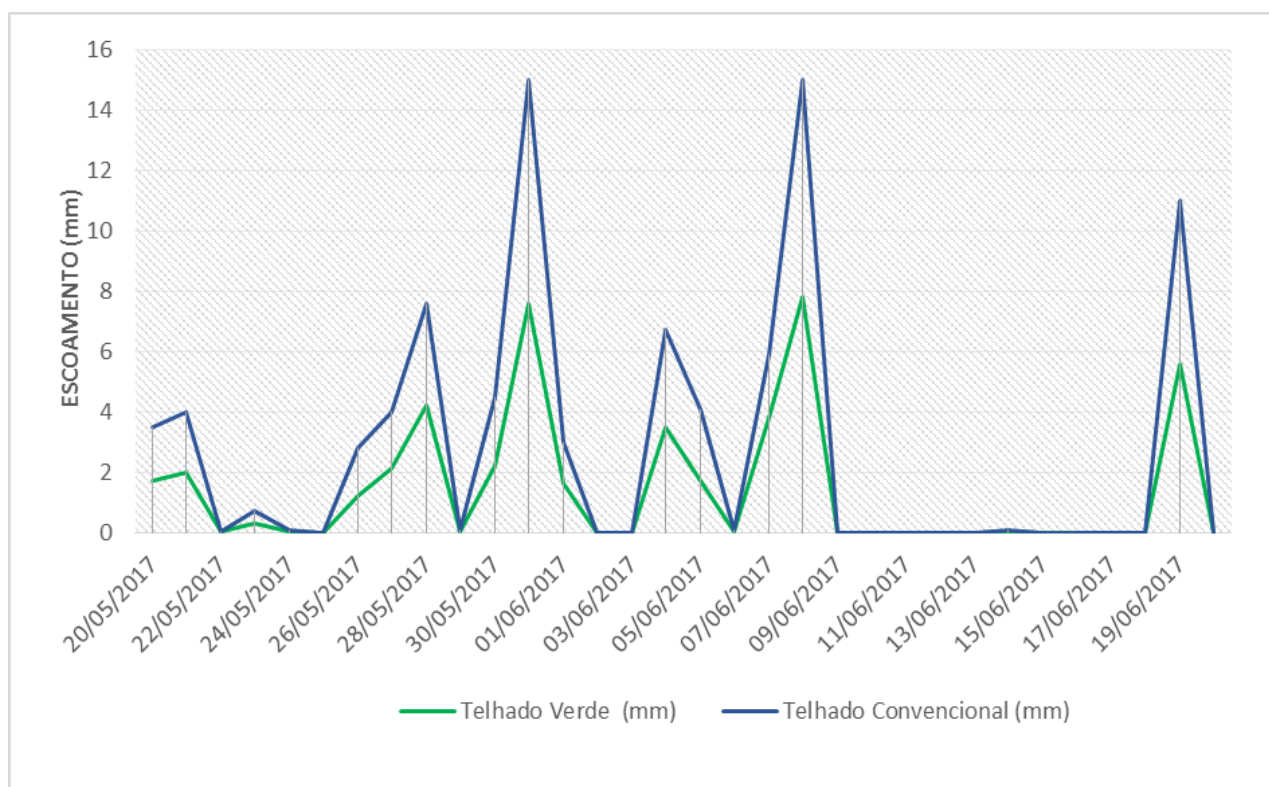


Figura 19 - Escoamento de Água Pluvial dos Protótipos.

Conforme o trabalho realizado por Tassi et al. (2010), seu coeficiente de escoamento médio foi de 25%, e o mesmo mostrou uma eficiência no controle do escoamento superficial superior àquela encontrada para os eventos monitorados ao longo de sua pesquisa (40%), com uma redução de aproximadamente 38% do escoamento superficial na cobertura com telhado verde. Nesta situação mais representativa, os resultados indicaram que apenas um quarto do total de chuva precipitada durante o período resultaria no escoamento superficial. Isso demonstra a eficiência do telhado verde no controle do escoamento pluvial.

Na Figura 20 apresenta-se o volume de água pluvial escoada do telhado verde e convencional em comparação com os dados pluviométricos registrados pela Estação Meteorológica da universidade. Observou-se que o telhado verde escoou aproximadamente 50% menos água pluvial comparado ao telhado convencional.

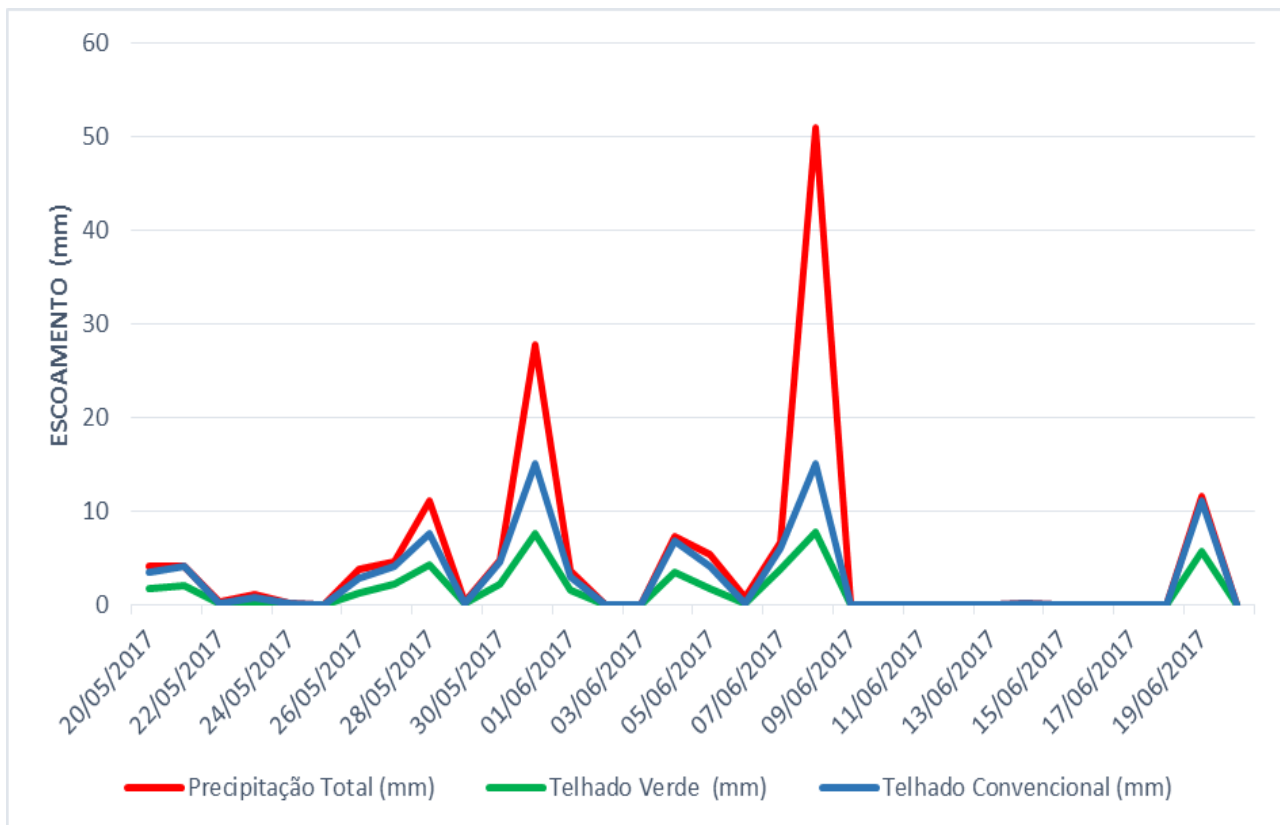


Figura 20– Comparação de Índices Pluviométricos.

Castro e Goldenfum (2010) desenvolveram um pesquisa semelhante em relação ao escoamento superficial dos telhados, estes fizeram uma comparação em diferentes tipos de telhados. Os primeiros resultados apontam melhor eficiência para as coberturas que apresentam o telhado verde. Estes mostram que para os eventos estudados, os telhados verdes conseguiram reduzir o escoamento superficial em 50% e 100%, para cada tipo de telhado verde empregado.

6 CONCLUSÃO

Ao implementar os protótipos com sistema convencional e telhado verde para analisar o desempenho térmico e escoamento pluvial, verificou-se que o telhado verde apresentou variações de 2 °C em relação ao telhado convencional, de modo a obter temperaturas mais altas (20 °C) nos dias mais frios e temperaturas mais amenas (22,5 °C) nos dias mais quentes.

Quanto a retenção do escoamento pluvial pelos protótipos observou-se em média uma redução de 50% dos volumes escoados por meio da utilização do telhado verde, além de promover o retardamento do escoamento superficial. Nota-se que os telhados verdes surgem como importantes aliados para minimizar o excesso de escoamento pluvial, pois a vegetação absorve a água e reduz o volume absorvido pelos sistemas artificiais, de modo a evitar as cheias e alagamentos nos centros urbanos.

Desta forma, o trabalho apresentou um índice de informação reprodutível quanto aos tipos de materiais e custos para a construção de protótipos, além de constar os principais benefícios a partir da utilização do telhado verde, a medida que pode proporcionar temperaturas amenas e contribuir para a redução do volume das águas pluviais escoadas.

Portanto, a eficiência do telhado verde no controle para conforto térmico do ambiente e retenção pluvial reforçam a necessidade de incentivos para sua utilização em áreas urbanas, visando ações práticas sustentáveis.

7 SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

A partir deste estudo surgem sugestões para futuros trabalhos que podem ser desenvolvidos com base nesse projeto, de modo a aprofundar a pesquisa, bem como utilizar novas variáveis para análises.

Neste caso, o tipo de vegetação poderia ser substituído por outra espécie, tal como Carpete-dourado (*Sedum acre*) ou Echevéria (*Echeveria glauca*) para analisar seus respectivos desempenhos durante o verão. As duas espécies são suculentas, necessitam de poucos cuidados e resistem a altas temperaturas, porém estas não resistem ao pisoteio.

Alterar o modelo do telhado verde para um modelo de módulo pré-elaborado, pois poderiam escolher módulos constituídos de materiais biodegradáveis como fibra de coco, e também podem ser composto por restos de resíduos industriais, como solas de sapatos, restos de EVA e outros até de cimentos. Este sistema também permite plantar diferentes espécies de uma maneira mais prática.

As variáveis analisadas nesses protótipos poderiam ser mantidas e realizar a instalação de dois novos protótipos com a estrutura de madeira e com diferentes características de telhado verde, para que se pudesse determinar qual dos modelos seriam mais eficientes quanto a retenção de água e conforto térmico.

Após estas pesquisas uma futura instalação de telhado verde poderia ser implantada nas dependências da UTFPR Campus Medianeira, com sugestão de aplicação nos corredores ou até mesmo em algum bloco e/ou espaço da universidade. Esta ação pode corroborar para o desenvolvimento de ações de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da UTFPR, visando ações de sustentabilidade no Campus Medianeira.

REFERÊNCIAS

ACT. **Fibrocimento**. Disponível em: <[http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Folheto_fibrocimento_web.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/Folheto_fibrocimento_web.pdf)>. Acesso em: 10 abril 2017.

ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. Soropédica, RJ, 2007.p.5.

ALVAREZ, I. A; SILVA FILHO, D.F.; COUTO, H.T.Z. **Comparação entre ideografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba**, SP. Revista Árvore.Viçosa, MG. v.34, n.4, p691-698. 2010.

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL. **6 Espécies De Plantas Ideais Para Um Telhado Verde**. Disponível em: <<http://www.arquiteturasustentavel.org/6-especies-de-plantas-ideais-para-um-telhado-verde/>> Acesso em 22 maio 2017

BEILFUSS, B. L.; LINCK, I. M. D.. **Telhado verde**: cobertura de edificações ecologicamente corretas. Disponível em: < <https://www.unicruz.edu.br/seminario/analises/2013/CCSA/ARQUITETURA%20E%20URBANISMO/C.%20Oral/TELHADO%20VERDE>>. Acesso em 13 mar 2017.

CÂMARA NOTÍCIAS. **Comissão aprova incentivo fiscal para prédio que instalar telhado verde**. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIDADES/492570-COMISSAO-APROVA-INCENTIVO-FISCAL-PARA-PREDIO-QUE-INSTALAR-TELHADO-VERDE.html>>. Acesso em: 18 abril 2017.

CARTER, . **Ecological Impacts of Replacing Traditional Roofs With Green Roofs in Two Urban Areas**. Cities and the Environment, v. 1, n. 2, 2008.

CATALISA. **Rede de cooperação para sustentabilidade**. Disponível em: < <http://www.catalisa.org.br/site/>>. Acesso em: 10 fev 2017.

CLIMADATE. **Clima**: Medianeira. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/location/43579/>>. Acesso em: 02 maio 2017.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Telhados verdes no brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_Posicionamento_Telhados-Verdes.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2017.

CASTRO S. A.; GOLDENFUM, J. A. **Uso de telhado verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano.** Atitude, Porto Alegre, v.7, p.75-81. 2010.

CORREA, C. B.; GONZALEZ, F.J.N. **O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas.** NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DE ARQUITETURA E URBANISMO-NUTAU. São Paulo: Pró-reitoria de Pesquisa, Universidade de São Paulo, 2002.

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO C. **Telhado Verde: Redução E Retardo Do Escoamento Superficial.** Disponível em: <<http://gorila.furb.br/ojs/index.php/rea/article/viewFile/2927/2075>> Acesso em: 10 maio 2017.

DELACERDA, A. **Telhado Verde – da Babilônia aos dias atuais.** Disponível em: <<https://ecobriefing.wordpress.com/2009/06/14/telhado-verde-das-babilnias-aos-dias-atuais/>> Acesso em: 10 fev 2017.

DESTINO DO MUNDO. **Refúgio Biológico Permite Contato Com a Natureza.** Disponível em: <<http://www.fozdoiguacu.destinodomundo.com.br/novidades/ref%C3%BAgio-biol%C3%B3gico-permite-contato-com-a-natureza?page=73>> Acesso em: 16 maio 2017.

ECOCASA. **Telhado verde.** Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/telhados-verdes/>>. Acesso em 17 mar 2017.

ECODHOME. **Passo-a-passo para fazer um telhado verde.** 2017. Disponível em: <<http://http://www.ecodhome.com.br/blog/777/>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

ECOGUIA. **Caxias Do Sul Instala Primeiro Ponto De Ônibus Com Teto Verde Que Produz Energia Solar.** Disponível em: <<http://www.ecoguia.net/noticias/caxias-sul-instala-primeiro-ponto-de-onibus-com-teto-verde-que-produz-energia-solar/>> Acesso em: 15 maio 2017.

FAQ. **Telha de amianto ou fibrocimento, Brasilit ou Eternit.** Disponível em: <<http://www.faq.inf.br/imoveis-construcao/telha-de-amianto-ou-fibrocimento-brasilit-ou-eternit-tira-duvidas/>>. Acesso em: 10 abril 2017.

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2012.

FERREIRA, M. F. **Teto verde:** o uso de coberturas vegetais em edificações. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manuela_de_freitas_ferreira.pdf>. Acesso em 20 fev 2017.

GREEM ME. **Telhados verdes: uma alternativa sustentável para os grandes centros urbanos.** Disponível em: < <https://www.greenme.com.br/morar/bioarquitetura/405-telhados-verdes-uma-alternativa-sustentavel-para-os-grandes-centros-urbanos>>. Acesso em: 28 maio 2017.

GUIA TRABALHISTA. **NR 17:** Ergonomia. < <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>> Acesso em: 13 maio 2017.

HALL, M. J. (1984) **Urban Hydrology**, Elsevier Ltd, Belfast – Ireland.

HENEINE M. C. A. S. **Cobertura Verde.** Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Maria%20Cristina%20Almeida.pdf>> Acesso em: 20 maio 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. **Global Networking for Green. Roofs** Disponível em: < <http://www.igra-world.com/>>. Acesso em: 18 abril 2017.

JATAHY, C. C. et al. **Estratégias Sustentáveis Para O Refúgio Biológico Bela Vista, Em Foz Do Iguaçu.** Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2003/2003_artigo_050.pdf> Acesso em: 15 maio 2017.

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery.** John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2008.

LOPES, J. R. B. **O processo de urbanização.** Disponível em: < <http://books.scielo.org/id/df6bv/pdf/lopes-9788599662823-03.pdf>>. Acesso em 20 mar 2017.

MARTINS, P. **Trabalho Nota 01-Cobertura em Telhado de Fibrocimento.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABSLUAI/trabalho-nota-01-cobertura-telhado-fibrocimento/>>. Acesso em 19 maio 2017.

MORAES, M. F. **Telhados verdes**: uma análise comparativa de custos e vantagens em relação aos telhados convencionais. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96343/000914947.pdf?sequence=1>>. Acesso em 22 fev 2017.

NIACHOU, A. et al., G. **Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance**. Energy and buildings, v.33, p.719-729. 2001.

OLIVEIRA, M. B. L.; VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C.; SÁ, L. D.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SOUZA, A. **Fluxos turbulentos de energia sobre o Pantanal sul matogrossense**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n. 3b, p. 159-165, 2006.

ONU – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Mais de 70% da população mundial viverá em cidades até 2050**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>>. Acesso em: 17 Abril 2017.

PALMEIRA, A. N. **Balanço de energia em telhado verde**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.

PARDIM, R. **Dicas Gerais Sobre Grama, Paisagismo E Jardinagem**. Disponível em: <<http://www.centraldagrama.com/dicas/tipos-de-grama>> Acesso em: 18 maio 2017.

PIERGILI, A. V. P. **Por que utilizar telhados verdes?** São Paulo. 2007. Disponível em: <http://sitiogralhaazul.net/dev15/index.php?option=com_content&view=article&id=42:por-que-utilizar-telhados-verdes&catid=30:design-ecologico>. Acesso em: 29 jun. 2011.

PINTO, C. I. R. C. **Introdução a coberturas ajardinadas**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado). Portugal. 2014. Universidade do Porto.

PINHO, M. **Haddad Veta Obrigatoriedade De Novos Prédios Terem Telhado Verde**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/haddad-veta-obrigatoriedade-de-novos-predios-terem-telhado-verde.html>> Acesso em: 18 maio 2017.

VEM QUE TE CONTO. Refúgio Biológico Bela Vista: **Educação Ambiental Em Itaipu**. Disponível em: <<https://vemqueteconto.com.br/2017/02/10/refugio-biologico-bela-vista-educacao-ambiental-em-itaipu/>> Acesso em: 16 maio 2017.

SAVI, A. C. **Telhados verdes**: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/788/1/CT_CECONS_II_2012_01.pdf>. Acesso em 18 fev 2017.

SILVA, N. C. **Telhado verde**: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/73.pdf>>. Acesso em 18 fev 2017.

SILVA, R. C. N.; MACÊDO, C. S. **A urbanização brasileira**. Disponível em: <http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia%20-%20Reing/Geografia%20Urbana/Geo_Urb_A05_WEB_ZBM_SF_SI_SE_161209.pdf>. Acesso em 20 mar 2017.

SILVA, T. F. **Capacidade de retenção de água em um telhado verde**: estudo de caso em caruaru. 2015. Disponível em: <<file:///D:/Marina/Downloads/PAP020664.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2017.

SKPROJETOS. **Construções Sustentáveis, o que são e qual a sua importância**. Disponível em: <<http://www.skprojetos.com.br/construcoes-sustentaveis/>>. Acesso em: 17 Abril 2017.

SPANGENBERG, J. **Melhoria do clima urbano nas metrópoles tropicais** - Estudo de caso. 2004. Disponível em: <<http://www.basis-id.de/site2006/science/01>> – Site traduzido. Acesso em: 10 mar. 2015.

TASSI, R. et al. **Telhado verde**: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

TOMAZ, P. **BMP's (Best Management Practices)**. São Paulo: Livro Digital.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para a elaboração de trabalhos acadêmicos**. Medianeira: Editora da UTFPR. 2008.

WILLES, J. A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos:** meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema. 2014. 70 f. Tese (Doutorado).

WWF BRASIL. **O Que É Desenvolvimento Sustentável?**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/> Acesso em: 12 maio 2017.

APÊNDICES

Apêndice A - Dados de Temperaturas Coletadas

Dia	Telhado Verde		Telhado Convencional		Dados da Estação Meteorológica
Ano 2017 Maio	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Ambiente °C
12	25	24	27	25	22,22
	25	25	27	27	27,50
	23	23	25	25	22,78
13	25	24	27	25	22,31
	26	25	28	26	22,94
	20	20	18	19	16,19
14	23	21	20	20	20,00
	24	24	23	23	22,00
	20	20	18	19	16,00
15	17	16	15	14	14,66
	26	25	28	26	22,94
	20	20	18	19	16,19
16	17	16	20	17	12,16
	26	26	31	28	23,42
	22	20	19	19	18,44
17	22	21	24	23	18,61
	25	24	26	26	24,78
	22	21	22	22	22,35
18	20	20	20	20	21,05
	21	21	23	21	19,85
	23	23	24	24	20,54
19	21	20	19	19	19,59
	24	24	21	21	23,35
	21	20	19	19	19,96
20	22	20	19	19	18,17
	23	22	27	26	20,21
	24	23	20	20	19,32
21	20	20	18	18	16,68
	22	21	20	19	17,78
	20	20	19	18	16,53
22	19	19	18	17	15,49
	23	23	25	25	22,83
	21	20	19	19	19,95
23	22	21	24	23	18,62
	25	24	26	26	24,58
	22	21	23	22	22,23
24	21	20	22	21	22,08
	27	26	30	30	27,39
	25	24	26	26	24,09
25	25	24	26	25	24,32
	31	31	33	33	30,03
	27	26	30	29	26,39

Dia	Telhado Verde		Telhado Convencional		Dados da Estação Meteorológica
Ano 2017 Maio	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Ambiente °C
26	26	26	31	28	24,78
	31	31	33	33	30,3
	25	24	26	26	23,14
27	23	23	24	24	21,8
	26	26	31	28	25,32
	24	24	23	23	20,15
28	24	23	22	22	19,31
	20	20	24	23	19,32
	22	21	24	23	18,21
29	17	16	15	14	17,31
	22	22	24	23	19,65
	22	20	19	19	19,25
30	22	22	20	20	19,08
	23	22	27	26	24,95
	20	20	23	23	21,24
31	20	20	18	19	16,31
	18	18	16	16	15,00
	15	14	13	12	10,00

Dia	Telhado Verde		Telhado Convencional		Dados da Estação Meteorológica
Ano 2017 Junho	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Ambiente °C
01	15	14	12	13	11,96
	20	19	17	15	13,52
	17	17	14	14	12,34
02	20	20	17	15	13,24
	22	20	18	17	15,37
	19	18	16	16	14,36
03	21	20	19	19	16,71
	19	19	25	24	22,21
	25	24	23	23	20,66
04	19	19	25	24	22,62
	22	22	27	27	25,59
	19	18	25	24	22,60
05	19	19	23	23	21,77
	22	23	26	26	25,34
	20	19	23	23	21,04
06	22	21	18	18	18,55
	25	24	23	23	21,14
	21	20	18	17	17,98
07	21	20	19	19	19,96
	24	23	26	26	26,19
	24	23	27	27	25,63
08	22	20	18	17	15,36
	22	20	18	17	15,59
	17	17	15	15	14,59
09	12	12	9	9	9,58
	16	16	13	13	13,31
	13	12	9	9	8,04
10	14	13	11	10	10,24
	21	20	19	19	16,83
	14	13	11	10	10,82

Dia	Telhado Verde		Telhado Convencional		Dados da Estação Meteorológica
Ano 2017 Junho	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Teto °C	Temperatura Chão °C	Temperatura Ambiente °C
11	16	16	13	13	12,01
	25	24	23	23	21,89
	17	17	15	15	14,55
12	17	17	15	15	14,78
	25	24	26	26	23,35
	17	16	15	14	17,59
13	22	21	24	23	18,66
	19	19	25	24	22,34
	18	18	15	15	17,21
14	21	20	19	19	16,77
	19	19	25	24	22,92
	22	21	24	23	18,77
15	22	21	24	23	18,38
	24	23	26	26	26,56
	25	24	23	23	20,86
16	25	24	23	23	21,17
	24	23	27	27	26,98
	25	24	23	23	21,27
17	19	19	25	24	22,46
	26	27	29	29	28,75
	19	19	25	24	23,86
18	19	19	25	24	22,52
	26	27	29	29	28,86
	25	24	26	26	23,19
19	17	16	15	14	8,03
	17	17	14	14	12,91
	13	14	10	9	7,62
20	14	14	10	9	7,06
	21	20	19	19	16,11
	17	17	15	15	14,65

Apêndice B - Dados de Escoamento Pluvial Coletados

ESCOAMENTO PLUVIAL

DATA	Precipitação Total (mm)	Telhado Verde (mm)	Telhado Convencional (mm)
20/05/2017	4,1	1	2,5
21/05/2017	4,1	2	4
22/05/2017	0,2	0,02	0,04
23/05/2017	1,1	0,11	0,23
24/05/2017	0,1	0,01	0,07
25/05/2017	0	0	0
26/05/2017	3,7	0,9	1,8
27/05/2017	4,6	2,1	3,5
28/05/2017	11,1	4,2	4,7
29/05/2017	0,2	0,2	4,5
30/05/2017	4,7	2,2	4,5
31/05/2017	27,8	7,6	15,2
01/06/2017	3,60	1,60	3,00
02/06/2017	0,00	0,00	0,00
03/06/2017	0,00	0,00	0,00
04/06/2017	7,30	3,50	6,70
05/06/2017	5,30	1,70	4,10
06/06/2017	0,70	0,03	0,05
07/06/2017	6,60	3,80	5,90
08/06/2017	51,00	7,80	15,00
09/06/2017	0,00	0,00	0,00
10/06/2017	0,00	0,00	0,00
11/06/2017	0,00	0,00	0,00
12/06/2017	0,00	0,00	0,00
13/06/2017	0,00	0,00	0,00
14/06/2017	0,10	0,01	0,07
15/06/2017	0,00	0,00	0,00
16/06/2017	0,00	0,00	0,00
17/06/2017	0,00	0,00	0,00
18/06/2017	0,00	0,00	0,00
19/06/2017	11,60	5,60	11,00
20/06/2017	0,00	0,00	0,00

ANEXO

Anexo A - Dados da estação Meteorológica

DATA	Precipitação Total	Umidade Relativa do Ar	Temperatura do Ar
12/05/2017	0	71,91	23,81
13/05/2017	0	75,35	22,41
14/05/2017	0	73,2	24,51
15/05/2017	0,1	88,59	18,18
16/05/2017	0,1	89,9	17,36
17/05/2017	1,3	82,85	21,49
18/05/2017	84	92,96	19,77
19/05/2017	45,2	94,59	20,85
20/05/2017	3,6	94,7	19,36
21/05/2017	4,1	100	17,21
22/05/2017	0,2	95,16	18,86
23/05/2017	1,1	85,57	21,76
24/05/2017	0,1	79,35	24,01
25/05/2017	0	74,55	26,51
26/05/2017	3,7	81,28	26,17
27/05/2017	4,6	93,93	22,76
28/05/2017	11,1	100	19,14
29/05/2017	0,2	100	18,57
30/05/2017	4,7	96,92	21,01
31/05/2017	27,8	100	17
01/06/2017	3,6	97,34	12,51
02/06/2017	0	92,58	13,7
03/06/2017	0	77,67	17,82
04/06/2017	7,3	80,73	22,88
05/06/2017	5,3	95,98	22,22
06/06/2017	0,7	98,64	19,47
07/06/2017	6,6	92,5	22,15
08/06/2017	51	92,82	18,66
09/06/2017	0	82,1	10,98
10/06/2017	0	82,06	10,41
11/06/2017	0	68,57	14,93
12/06/2017	0	72,45	16,78

DATA	Precipitação Total	Umidade Relativa do Ar	Temperatura do Ar
13/06/2017	0	86,62	18,21
14/06/2017	0,1	89,71	18,65
15/06/2017	0	75,22	20,89
16/06/2017	0	66,36	22,56
17/06/2017	0	62,15	23,94
18/06/2017	0	67,14	23,42
19/06/2017	11,6	93,48	10
20/06/2017	0	92,41	11,23