

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

GUILHERME LIMA VIEIRA

**ANÁLISE DA TEMPERATURA E DO ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM
PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AOS TELHADOS
CONVENCIONAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2019

GUILHERME LIMA VIEIRA

**ANÁLISE DA TEMPERATURA E DO ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM
PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AOS TELHADOS
CONVENCIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial a fim de
obter o título de Engenheiro Ambiental, da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Camara
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Neusa Idick
Scherpinski

MEDIANEIRA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA TEMPERATURA E DO ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM PROTÓTIPO DE TELHADO VERDE EM RELAÇÃO AOS TELHADOS CONVENCIONAIS.

GUILHERME LIMA VIEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 16:00 h do dia 05 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel no Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dra. Carla Daniela Camara
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Eduardo Lied Borges
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Felipe Martins Damaceno
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof^a. Ma. Neusa Idick Scherpinski
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado na realização desse projeto. Sou grato a minha família e a minha noiva que sempre me apoiaram nessa jornada. A minha orientadora Carla Daniela Camara e co-orientadora Neusa Idick Scherpinsk que me subsidiaram com seus conhecimentos técnicos a respeito do projeto, agradeço.

RESUMO

VIEIRA, Guilherme Lima. **Análise da temperatura e do escoamento de água pluvial em protótipo de telhado verde em relação aos telhados convencionais.** 2019, 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

O crescimento exponencial das áreas urbanas, combinado com a redução das áreas verdes e grandes fluxos de veículos emissores de poluentes atmosféricos, incitaram alterações significativas na temperatura e no escoamento superficial de águas pluviais nos perímetros urbanos. A utilização de telhados verdes é uma estratégia que pode mitigar esses efeitos adversos. Esta pesquisa objetivou, portanto, comparar e avaliar a eficiência térmica e o escoamento de água pluvial utilizando protótipo de cobertura verde e coberturas convencionais. Toda pesquisa, foi desenvolvida na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. Para avaliar a eficiência térmica e o escoamento pluvial foram construídos três protótipos de alvenaria, sendo um com cobertura verde, outro com telhado de fibrocimento e o terceiro com telhado termoacústico. Utilizou-se o programa Minitab e o Excel para realizar as análises dos dados. Observou-se que telhado verde apresentou melhor conforto em relação aos outros dois sistemas cerca de 2° C a menos para dias mais quentes e 2° C a mais para dias mais frios. O teste de Tukey e Fischer comprova diferença das médias para o horário das 08h:30min para o telhado de fibrocimento. O horário das 13h:00min foi o que teve mais resultados expressivos para o telhado verde e o horário das 22h:00min não teve diferença significativa das médias Para o escoamento pluvial, a cobertura verde escoou menos água, com uma média de 50 por cento a menos que o telhado de fibrocimento. Portanto, o os telhados verdes apresentam melhores condições térmicas e de drenagem pluvial mais favoráveis ao meio ambiente urbano. O telhado verde tem que ser mais implantado para a sociedade principalmente para as questões das mazelas de estrutura de escoamento e melhoramento do ambiente local.

Palavras-chave: Telhado Verde. Telhado Convencional. Escoamento Superficial.

ABSTRACT

VIEIRA, Guilherme Lima. **Analysis of the temperature and flow of rainwater in green roof prototype in relation to conventional roofs.** 2019, 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

The exponential growth of urban areas, combined with the reduction of green areas and large flows of vehicles emitting air pollutants, have prompted significant changes in the temperature and surface runoff of rainwater in urban perimeters. The use of green roofs is a strategy that can mitigate these adverse effects. This research aimed at comparing and evaluating the thermal efficiency and rainwater runoff using green cover prototype and conventional coverings. All research was developed at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira campus. Three prototypes of masonry were constructed to evaluate thermal efficiency and rainfall, one with green cover, the other with fiber cement roof and the third with a thermoacoustic roof. Minitab and Excel were used to perform the data analysis. It was observed that green roof presented better comfort compared to the other two systems about 2°C less for warmer days and 2 ° C more for cooler days. The Tukey and Fischer test proves a difference in the averages for the 08h: 30min time for the fiber cement roof. The time from 13h00min was the one that had the most expressive results for the green roof and the time of 22h: 00min did not have significant difference of means. For the rainfall, the green cover drained less water, with an average of 50 percent to less than the asbestos cement roof. Therefore, the green roofs have better thermal and drainage conditions that are more favorable to the urban environment. The green roof has to be further deployed to society mainly for the issues of drainage frameworks and improving the local environment.

Keywords: Green Roof. Conventional roof. Surface runoff.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Espécies mais Comuns de Vegetação na Região Sul para telhados extensivos	22
Quadro 2 – Quadro de Escoamento Superficial	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de telha termoacustica (“Sanduiche”)	17
Figura 2 - Jardins Suspensos da Babilônia	18
Figura 3 - Corte esquemático de telhado verde extensivo	22
Figura 4 - Localização experimento na UTFPR	25
Figura 5 - Componentes do telhado verde e suas dimensões	26
Figura 6 - Componentes do telhado de fibrocimento e suas dimensões	26
Figura 7 - Componentes do telhado sanduiche e suas dimensões	27
Figura 8 - Análise da variável de temperatura dos protótipos	30
Figura 9 - Análise da variável escoamento superficial dos modelos	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Período e temperatura para o horário das 8h:30min.....	31
Gráfico 2 - Período e temperatura para o horário das 13h:00min	32
Gráfico 3 - Período e temperatura para o horário das 22h:00min	32
Gráfico 4 - Boxsplot da relação de temperatura as estruturas e ambiente	33
Gráfico 5 - Função da densidade de probabilidade da temperatura.....	36
Gráfico 6 - Relação das temperaturas com a densidade para as 22h:00min	37
Gráfico 7 – Volume de água pluvial escoadas dos telhados verde e convencional	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística Descritiva.....	34
Tabela 2 - Comparações de Médias dos ambientes <i>versus</i> coberturas	35
Tabela 3 – Análise de variância para 8h:30min.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 TELHADO DE FIBROCIMENTO.....	16
3.1.1 Fabricação de acordo com a legislação	16
3.1.2 Aplicação do telhado de fibrocimento	16
3.2 TELHADO TERMOACUSTICA (SANDUICHE).....	17
3.3 TELHADO VERDE.....	17
3.3.1 Origem e História	17
3.3.2 Inclinação do telhado verde	19
3.3.3 Estrutura do Telhado Verde	19
3.3.3.1 Camada de Vegetação	19
3.3.3.2 Substrato	19
3.3.3.3 Geotêxtil.....	20
3.3.3.4 Drenagem	20
3.3.3.5 Isolamento térmico	20
3.3.3.6 Camada Impermeabilizante	20
3.3.3.7 Estrutura de Suporte.....	20
3.3.4 Classificação dos Telhados Verdes	21
3.3.4.1 Telhado Verde Intensivo	21
3.3.4.2 Telhado Verde Extensivo	21
3.3.5 Tipos de vegetação utilizada no telhado verde	22
3.3.6 Vida útil da cobertura	23
3.4 DRENAGEM SUPERFICIAL.....	23

4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 CONSTRUÇÃO E ESTRUTURA DOS PROTÓTIPOS	25
4.1.1 Sistema do telhado verde	27
4.1.2 Telhado fibrocimento.....	28
4.1.3 Telhado Sanduiche.....	28
4.2 AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA	28
4.3 COLETA DOS DADOS DE ESCOAMENTO PLUVIAL	28
4.4 COLETA DOS DADOS	29
4.5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICES	42
Apêndice A - Dados da temperatura.....	43
Apêndice B - Dados do escoamento pluvial.....	52

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento exponencial das áreas urbanas, retirando áreas verdes para construções de residências, combinado com um grande fluxo de veículos emissores de poluentes, notou-se a temperatura e o escoamento de água mudar significativamente. Em 1950, um terço da população mundial residia em cidades (UNITED NATIONS, 2005) e, de acordo com o Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 já verifica-se no Brasil um contingente maior que 85% da população residindo nas áreas urbanas.

Para diminuir os problemas com drenagem superficial, alagamentos e eficiência térmica uma das formas ambientalmente correta é o telhado verde por ser um sistema sustentável que reduz o escoamento pluvial, proporcionando conforto térmico e redução do consumo de energia. As construções dos telhados verdes trazem uma conscientização da população em relação ao uso exacerbado das fontes de energia. Esse modelo veio para agregar com uma ideia de consumo “sustentável”, utilizando com menor frequência os refrigeradores de ar e uma inserção de uma microbiota no local do telhado.

Tecnologias estão sendo estudadas para que haja uma melhor eficiência na construção dos telhados verdes. Conforme Quintella (2012), com o passar dos anos, surgiram novas pesquisas sobre diferentes componentes da cobertura com vegetação, como membranas impermeabilizantes, drenagem, espécies de plantas e até agentes inibidores de raízes.

Essa ideia está começando a ser mais difundida tanto pela questão do marketing sustentável, em que edifícios-sede de grandes empresas aplicaram esse modelo de ecotelhado para favorecer tanto o meio ambiente quanto o nome da instituição.

Não é apenas o telhado verde que surge com uma proposta de melhoria na eficiência térmica. As telhas “Sandwiches”, compostas por uma camada de isopor no meio de duas telhas aluzinco, têm por característica proporcionar conforto térmico para as edificações e residências. Esse sistema vem para substituir as telhas de fibrocimento que não apresentam conforto térmico e têm alto índice de escoamento de água.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho consistiu em estudar os efeitos

térmicos e de retenção de água pluvial de três protótipos distintos de telhados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar e avaliar o conforto térmico e o escoamento de água pluvial utilizando protótipos de cobertura verde, cobertura de fibrocimento e cobertura de aluzinco com isopor.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar e comparar a eficiência térmica nos três protótipos;
- Monitorar as variações diárias e horárias de temperatura entre as três estruturas;
- Analisar e comparar o escoamento pluvial no telhado verde e no telhado de fibrocimento;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TELHADO DE FIBROCIMENTO

3.1.1 Fabricação de acordo com a legislação.

A principal norma sobre fibrocimento é a NBR 7581- que se divide em 3 partes. O objetivo dessa norma é constituir uma mistura homogênea em presença da água, cimento Portland, agregados ou aditivos e fibras de origem mineral (ABNT, 1993). A NBR 7581-1 de 09/2014 – Telha ondulada de fibrocimento – Parte 1: Classificação e requisitos referem-se aos requisitos para o recebimento de telhas, classifica as telhas em 162 funções, suas características e propriedades e prescreve métodos de ensaios para o controle de fabricação e recebimento do produto (ABNT, 1993).

De acordo com a NBR 7581-2, as telhas devem ser submetidas ao ensaio e não podem apresentar vazamentos ou formação de gotas na face oposta a da ação da água, sendo, porém tolerado o surgimento de manchas de umidade. Outro ponto importante é que as telhas devem apresentar teor de absorção de água igual ou inferior a 37%.

3.1.2 Aplicação e componentes do telhado de fibrocimento

O fibrocimento é formado basicamente por uma mistura homogeneizada com cerca de 10 a 15% de amianto, cujo elemento ligante é o cimento. Possui uma ligação forte e enquanto está em estado razoável de conservação, a probabilidade destas fibras se quebrarem é muito baixa (ACT, 2017). As telhas são resistentes e de fácil instalação, podendo ser apoiadas em estruturas de madeira, metálicas ou de concreto, sendo fixadas por acessórios próprios para este fim fornecidos pelos fabricantes. Esta fixação é feita por parafusos, grampos zincados, arruelas elásticas de vedação, massa de vedação e cordões de vedação.

A utilização de telhas de fibrocimento em coberturas de edificações são bastantes recorrentes, 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 formato ondulado das telhas de fibrocimento ajuda a medir a coleta da água pluvial.

3.2. TELHADO TERMOACUSTICA (SANDUICHE)

As telhas termo isolantes também conhecidas como telhas sanduiche, consistem em duas folhas metálicas com um diferencial de isolamento no meio, os materiais que compõem o miolo podem variar dependendo da utilização (YAZIGI, 2009).

Para a estrutura interna as duas placas é composta por um material isolante de poliuretano, lã de vidro ou lã de rocha, o sistema com isolante age na difusão e absorção das ondas sonoras, eliminando ruídos externos. A sua utilização é realizada em galpões de indústrias ou supermercados, casas de shows também utilizam desse modelo de telha (YAZIGI, 2009).

Esse tipo de telhas geralmente apresentam forma trapezoidal. A espessura da chapa mais utilizada é de 0,5 mm, o isolante de 30 mm e a manta de 50 mm. Depois de montadas sobre a estrutura do telhado, a fixação das telhas, realizada por sobreposição, deve ser fixada no canal ou onda alta da telha, a sobreposição deve ser bem apertada garantindo a estanqueidade. Na utilização de parafusos de fixação é necessário que seja específica para esse modelo de telha, todos os materiais para utilização e fixação são disponibilizados pelo fabricante da telha (YAZIGI, 2009).

A Figura 1 mostra um esquema de composição do telhado sanduiche com suas respectivas estruturas externas, podendo ser de aço galvanizado e sua estrutura interna isolante.



Figura 1 - Exemplo de telha termoacustica (“Sanduiche”).

Fonte: <www.hometeka.com.br>.

3.3 TELHADO VERDE

3.3.1 Origem e História

Antigamente grandes estruturas verdes eram construídas em cima da laje,

também conhecidas como Jardins Suspensos da Babilônia (Figura 2).



Figura 2 – Jardins Suspensos da Babilônia. Fonte: <www.angelfire.com>.

Séculos depois o telhado verde era apontado como um meio para se recuperar o espaço verde tomado inicialmente pela construção (BUENO, 2010). 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). Construção Sustentável consiste em um sistema construtivo e 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). A redução de áreas verdes nas grandes cidades e sua substituição por asfalto e cimento, coberturas de material cerâmico ou compósito de cimento e fibras minerais, impermeabilizam a superfície diminuindo a absorção de umidade. Estes fatores aumentam a temperatura ambiente e tem como consequência o uso acentuado de sistemas artificiais de refrigeração das construções. Todo esse contexto, acrescido do intenso uso de veículos, como num ciclo vicioso, acabam por acarretar que as temperaturas do centro das grandes cidades sejam de 4 a 11 °C mais altas que nos subúrbios (LÖTSCH 1981 *apud* MINKE 2005).

Segundo Minke (2005), para um sistema verde com 20 cm de substrato de terra e argila expandida, por exemplo, é possível armazenar até 90 mm de água, ou

seja, 90L de água por m². Cita ainda a norma alemã DIN 1986 que define o coeficiente de deságue de águas pluviais para tetos jardim com um mínimo de 10 cm de espessura, em 0,3. Isto significa que somente 30% da chuva que cair, deságua, e 70% são retidas pelos tetos verdes e/ou são evaporadas - índice que pode sofrer alterações devido a inclinação do teto.

O crescimento urbano altera o meio ambiente de diversas maneiras, incluindo o aumento maior de temperatura nas cidades do que nos arredores. Esse efeito estufa resulta da modificação do uso do solo, onde houve a troca das áreas verdes por prédios e pavimentações. Essas estruturas são compostas por materiais que retêm mais calor do que as superfícies naturais. Além disso, os prédios descarregam calor antropogênico e gases poluentes que restringem o espaço natural da corrente de ar. Simultaneamente os espaços verdes que são necessários para acabar com esses efeitos desapareceram dos centros urbanos (SONG, KIM, 2013). É importante uma prévia definição da vegetação a ser adotada, escolhendo espécies de pouco crescimento, que necessitem de pouco extrato vegetal e que sejam adaptadas ao clima da região, evitando dificuldades na manutenção.

3.3.2 Inclinação do telhado verde

Um fator relevante é a questão da estruturação da vegetação e contenção. De acordo com Minke (2004) ele classifica 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.

3.3.3 Estrutura do Telhado Verde

Telhados verdes são basicamente compostos por camadas de vegetação, substrato, membrana filtrante, camada de drenagem, camada de retenção de água, isolamento térmico, membrana anti-raízes, membrana de impermeabilização e infraestrutura de suporte (NASCIMENTO, 2008).

3.3.3.1 Camada de Vegetação

Essa camada verde deve obedecer o clima do local interceptando uma parcela da água pluvial evitando que atinja diretamente o solo.

3.3.3.2 Substrato

Estrutura de solo que vem logo abaixo da vegetação servido de fonte de

nutrientes e fixação da cobertura verde. Em coberturas extensivas, utilizam-se substratos de cultivo que podem ser orgânicos ou inorgânicos, porém diferente do solo natural utilizado para a agricultura.

3.3.3.3 Geotêxtil

Constituída com uma camada filtrante que separa as componentes do substrato e da vegetação evitando que esses mesmos entrem em contato com a drenagem. Esta membrana é estendida sobre a camada de drenagem, sobrepostas e coladas ao longo do perímetro de cobertura (NASCIMENTO, 2008).

3.3.3.4 Drenagem

Essa camada é importante pois evita alagamentos na estrutura do telhado verde. Isso faz com que a água percorra o sistema de forma funcional, retendo para o crescimento da estrutura verde. Os materiais mais comumente utilizados para a drenagem são granulares (brita, seixo ou argila expandida), ou ainda, elementos fabricados ou manufaturados, como placas de poliestireno ou polipropileno com protuberâncias que permitam o escoamento rápido da água em excesso (NASCIMENTO, 2008).

3.3.3.5 Isolamento térmico.

Camada que tem por característica criar um melhor conforto térmico, porém fatores externos e do próprio telhado podem interferir nessa medida. O isolamento é basicamente formado pela sobreposição das camadas que compõem o telhado verde, pois tais camadas reduzem a passagem de energia, como afirma Nascimento (2008 *apud* GONZÁLEZ, 2001).

3.3.3.6 Camada Impermeabilizante

Normalmente utilizada para que a água não entre em contato direto com o telhado convencional. Os sistemas de impermeabilização podem ser rígidos ou flexíveis, pré-fabricados ou ainda moldados no local. É importante fazer uma camada de impermeabilização bem segura e regularizada para que não haja heterogeneidade e garantir uma eficiência melhor de impermeabilização.

3.3.3.7 Estrutura de Suporte

Local onde é colocado o sistema verde, podendo ser na laje ou em

estruturas de telhas de fibrocimento, aluzinco, entre outras.

3.3.4 Classificação 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).

3.3.4.1 Telhado Verde Intensivo

As coberturas verdes intensivas são caracterizadas por camadas de solo maiores que 20 cm, são constituídos 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. Os sistemas extensivos são coberturas leves, projetadas para comportar plantas resistentes a situações climáticas severas. Apresentam bom comportamento diante da redução de escoamento superficial de água (YANG; YU; GONG, 2008).

3.3.4.2 Telhado Verde Extensivo

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 3, observa-se modelos esquemáticos de um telhado extensivo. É válido ressaltar também que os sistemas extensivos são coberturas leves, projetadas para comportar plantas resistentes a situações climáticas severas. Apresentam bom comportamento diante da redução de escoamento superficial de água (YANG; YU; GONG, 2008).

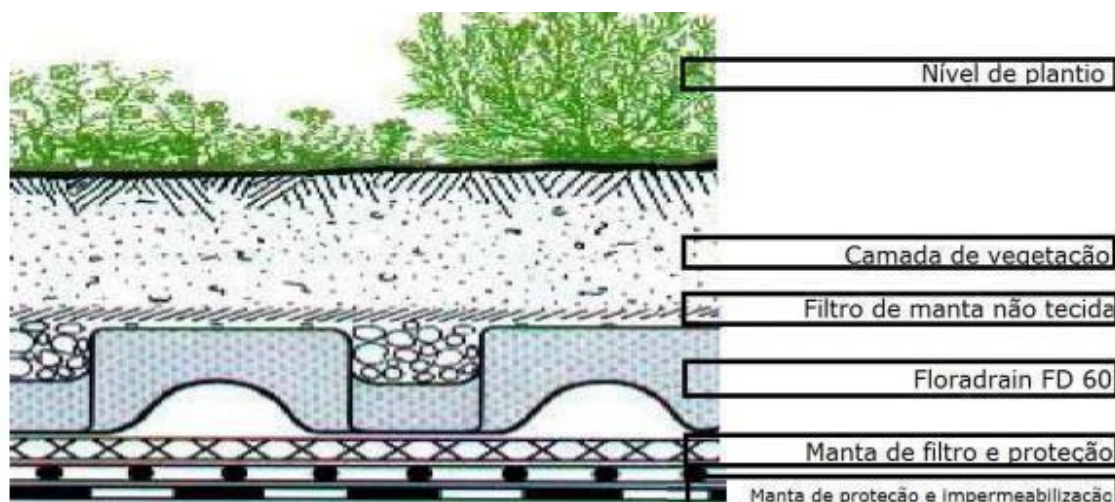





Figura 3 - Corte esquemático de telhado verde extensivo. Fonte: Araújo (2007).

3.3.5 Tipos de vegetação utilizada no telhado verde

Para instalar um telhado verde é necessário que se avalie o clima, os ventos e a incidência solar para que, assim, possamos escolher o tipo de vegetação correta. No Quadro 1 são apresentados os tipos de plantas mais utilizadas em coberturas verdes.

Quadro 1 - Espécies mais Comuns de Vegetação na Região Sul para telhados extensivos.

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, suporta períodos de seca, mas não pode ser utilizada em terraços onde ocorra pisoteio.	
Cacto-margarida (<i>Lampranthus pro-ductus</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 mais praticado, exigem podas frequentes e requerem muita água.	

Fonte: Adaptado de Willes (2014) e Jardineiro (2017).

3.3.6 Vida útil da cobertura

Segundo Givoni (1976 *apud* Araújo, 2007), a cobertura é o principal elemento de exposição ao processo de trocas térmicas entre o interior e o exterior da construção. Com fatores clima, radiação solar e chuvas intensas, a cobertura é a que mais sofre com essas variáveis pois tem uma incidência maior desses fatores. Para que tenha uma vida útil prolongada do telhado verde é necessário podar e adubar de acordo com a necessidade da grama

3.4 DRENAGEM SUPERFICIAL

O escoamento superficial de água exacerbado que ocorre nos grandes centros urbanos é um dos grandes problemas que a população enfrenta. Enchentes são um dos problemas que poderiam ser amenizados se essa mazela fosse sanada. Segundo Garcias (2005), a drenagem urbana, antigamente, objetivava à remoção das águas pluviais através de sistemas simplificados e de soluções instantâneas. Já

os sistemas de drenagens pluviais da atualidade são projetados baseados no escoamento rápido, transferindo o ponto de alagamento (DIAS, ANTUNES, 2011).

Com uma falha no sistema de drenagem urbana e com uma política enfraquecida dos Planos Diretores de Drenagem e Desenvolvimento Urbano, há uma necessidade de criar alternativas para diminuir a quantidade de água para o meio urbano, apoiado pela iniciativa privada, com construções verdes e aproveitamento da água pluvial.

Para que sejam construídos telhados verdes com uma eficiência na retenção de água é importante que seja levado em consideração a inclinação do telhado. Geralmente são aplicados em telhados praticamente planos com inclinação aproximadamente de 5° para permitir o escoamento não muito rápido da água. Para telhados acima de 20° deverão ser tomadas outras providências para deter o fluxo de água como barreiras ou outras estruturas (TOMAZ, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

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). A pesquisa foi implementada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira, conforme apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Localização do experimento na UTFPR. Fonte: Google Earth Pro (2018).

4.2 CONSTRUÇÃO E ESTRUTURA DOS PROTÓTIPOS

Foram construídos três protótipos de telhado:

- **Telhado verde:** constituído por calha, telha de fibrocimento, manta asfaltada, caixas de leite, argila expandida, TNT, solo argiloso com 7 cm de espessura e grama esmeralda. Inclinação de 14%.

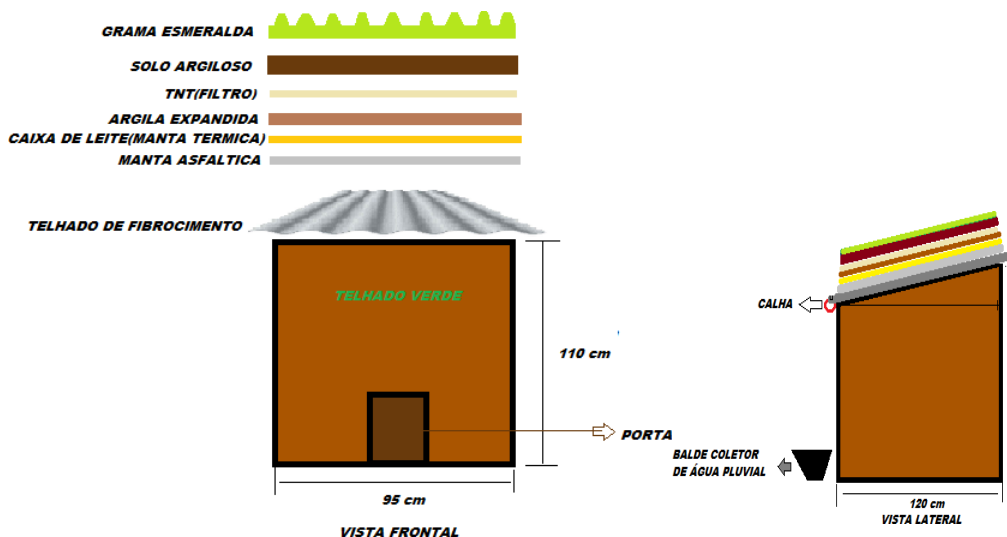


Figura 5 - Componentes do telhado verde e suas dimensões.

Fonte: Autoria Própria.

• **Telha de fibrocimento:** composto pela telha de asbesto-cimento e a calha. Inclinação da telha de 14%. A figura 6 apresenta os componentes do telhado de fibrocimento e suas dimensões.

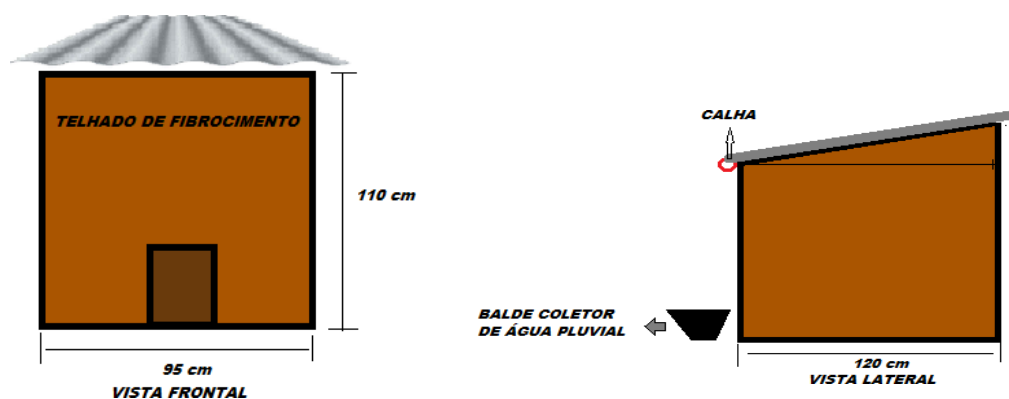


Figura 6 - Componentes do telhado de fibrocimento e suas dimensões.

Fonte: Autoria Própria.

• **Telhado termoacústico ou “sanduiche”:** Composto por aluzinco/ isopor/ aluzinco. Inclinação da telha de 14%. A figura 7 apresenta os componentes do telhado sanduiche e suas dimensões.

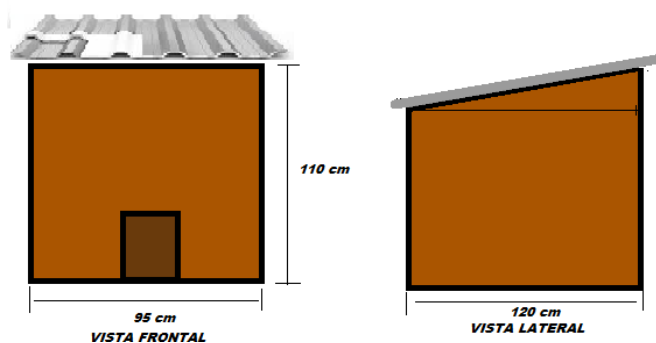


Figura 7 - Componentes do telhado sanduiche e suas dimensões.
Fonte: Aatoria Própria.

Os protótipos foram construídos com 1,14 m² (95 cm largura x 120 cm de comprimento) de base e altura de 1,10 m. Vale observar que as três bases dos respectivos telhados são de alvenaria. Para construção dos protótipos, o local escolhido foi um lugar onde não tivesse nenhuma barreira como prédios ou uma vegetação alta que pudesse modificar os dados coletados, como por exemplo o sombreamento e uma variação na incidência solar.

4.2.1 Sistema do telhado verde

Na cobertura verde, foi utilizado o sistema verde semiextensivo, com o método de aplicação contínua, pois é um método que suporta uma carga maior do que o modelo do telhado extensivo e apresenta também uma vegetação intermediária. Para a vegetação, optou-se pela grama do tipo esmeralda (*Zoysia japonica*), pois possui efeito atapetado com baixa necessidade de poda, e contém o avanço de ervas daninhas. Uma das vantagens de fazer o uso da grama esmeralda é que as folhas 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. Para que a vegetação crescesse foi necessária correção da umidade por meio de regas para garantir que o sistema funcionasse de maneira correta com a grama agindo com seus padrões normais. Segundo Araújo (2007), dá-se preferência a plantas locais mais resistentes à chuva e à estiagem e que exijam pouca rega e poda.

4.2.2 Telhado fibrocimento.

Para o sistema convencional, foi utilizado a telha de fibrocimento com a calha, a fim de serem monitorados a temperatura e o escoamento pluvial.

4.2.3 Telhado Sanduiche

No sistema 'Sanduiche', o isopor foi utilizado com material isolante termoacústico. Nesse protótipo do telhado não foi utilizada calha para análise do escoamento superficial de água pois a telha de fibrocimento possui um coeficiente de escoamento próximo ao do aluzinco apresentando valores próximos de água escoada.

Quadro 2 – Quadro de Escoamento Superficial.

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC (policloreto de vinila)	0,9 a 0,95

Fonte: Plínio Tomaz (2011).

4.2 AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA

Foi colocado no interior de cada protótipo um termômetro de mercúrio para ser a medida a temperatura três vezes ao dia: turno matutino, vespertino e noturno. Os horários de coleta foram 08h30min, 13h00min e 22h00min. A medição foi realizada diariamente durante 31 dias, de primeiro de abril até dois de maio. Para dados da temperatura ambiente foi utilizado os valores da estação meteorológica da UTFPR- Medianeira, que fica cerca de 350 metros da área experimental.

4.3 COLETA DOS DADOS DE ESCOAMENTO PLUVIAL

No monitoramento dos dados foi utilizado um balde, na área externa dos protótipos, de 5L para verificar o volume de água pluvial que foi escoado durante o processo da pesquisa. Foram instalados no telhado de fibrocimento e no telhado verde uma estrutura de calha, utilizando cano PVC. Durante o experimento, os dados de pluviosidade foram obtidos na Estação Meteorológica de Medianeira,

localizada na UTFPR.

A coleta do escoamento pluvial foi feita na unidade em litros. A área aproximada de cada um dos telhados estudados é de 1,14 m². É importante salientar esse valor pois foi utilizada a relação de 1mm (água pluvial) = 1 L (água escoada) / m² (área dos protótipos) para ser realizado os gráficos de escoamento superficial.

4.4 COLETA DOS DADOS

Para a coleta de da retenção de água foi retirado do balde o volume que cada protótipo recolheu após o dia de chuva. Em seguida esse volume foi colado em uma proveta para medição correta da quantidade de água escoada. A água depois não foi aproveitada e foi descartada no solo.

4.4.1 Utilização de *softwares*

Para a análise dos resultados foram utilizados os *softwares* Microsoft Excel e o Minitab mostrando os resultados da pesquisa com os três protótipos. Esses programas têm a função de gerar gráficos e planilhas que acrescentam substancialmente no projeto apresentado.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS

As variáveis foram monitoradas nos três protótipos, coletando os valores das temperaturas diárias para relacionar com o conforto térmico, juntamente com a quantidade de águas pluviais. As figuras 8 e 9 mostram de forma esquemática como foi realizado o experimento com os protótipos, tanto na temperatura quanto no escoamento superficial.

Foram utilizados análises de estatística descritiva, incluindo box-plot e curva da função densidade de probabilidade. Os dados foram analisados mediante análise de variância e teste de comparação múltipla de médias de Tukey com 5% de probabilidade.

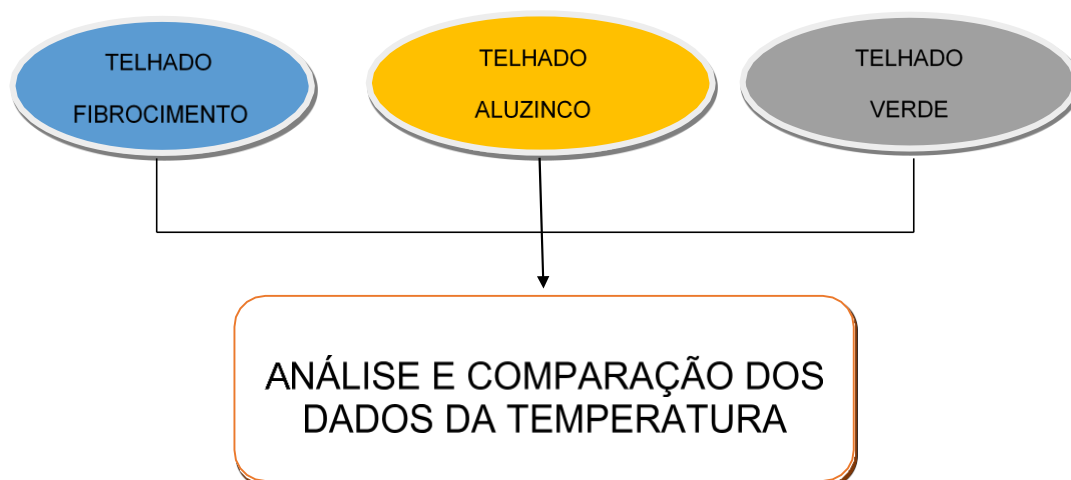


Figura 8 - Análise da variável de temperatura dos protótipos. Fonte: Autoria Própria.

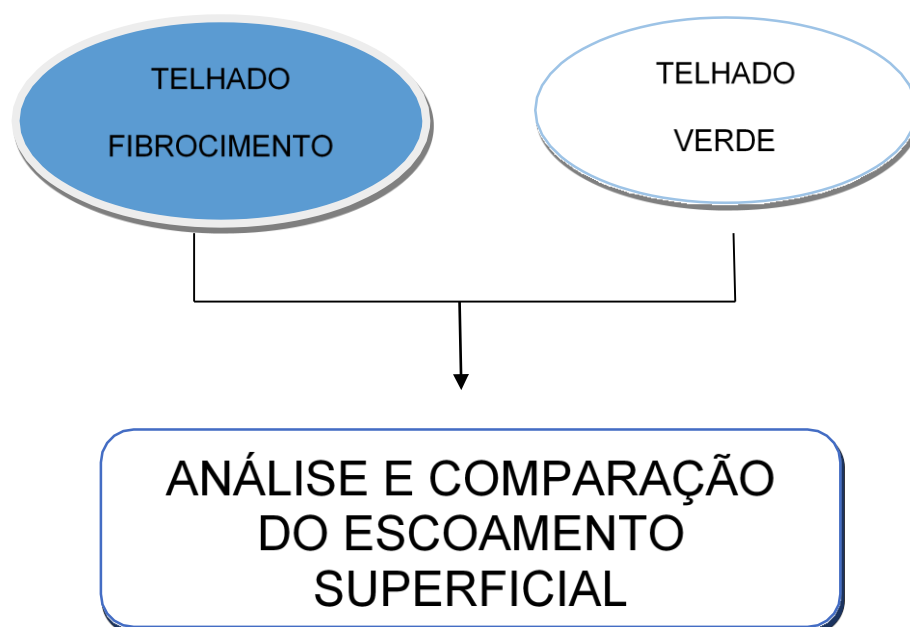


Figura 9 - Análise da variável escoamento superficial dos modelos. Fonte: Autoria Própria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TEMPERATURA

Para o horário das 08h30min, 13h00min e 22h00min os gráficos 1, 2 e 3 apresentam comportamento discrepante para o telhado de fibrocimento com picos maiores para dias mais quentes e picos menores para dias mais frios. É válido ressaltar que as linhas do telhado verde e do sanduiche praticamente andam juntas, porém em alguns dias o telhado verde apresenta comportamento melhor em relação ao conforto térmico.

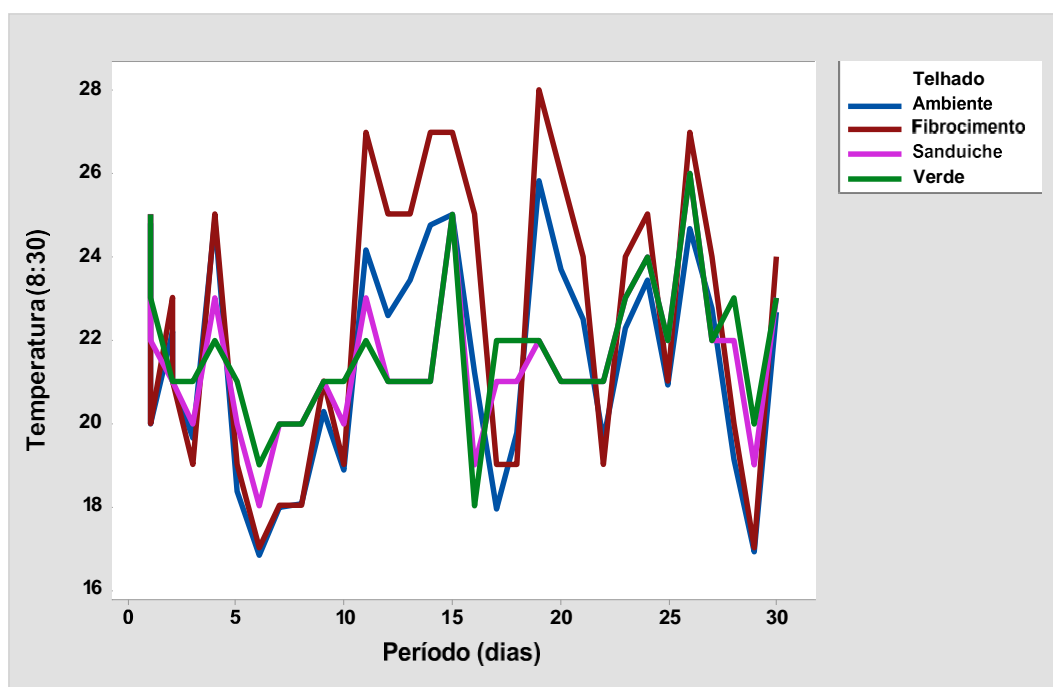


Gráfico 1 - Período e temperatura para o horário das 8h:30min.

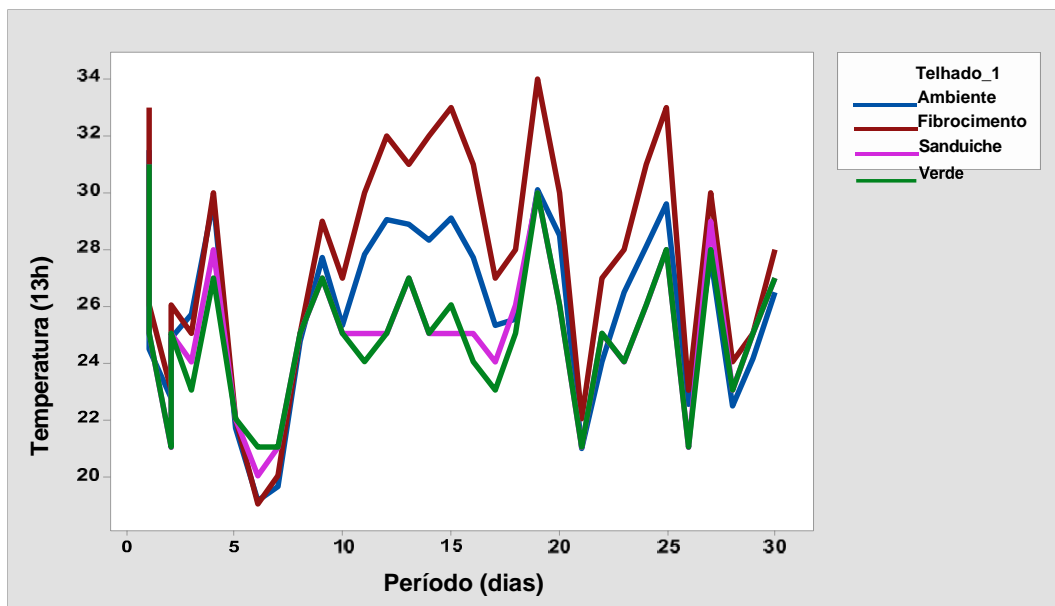


Gráfico 2 - Período e temperatura para o horário das 13h:00min.

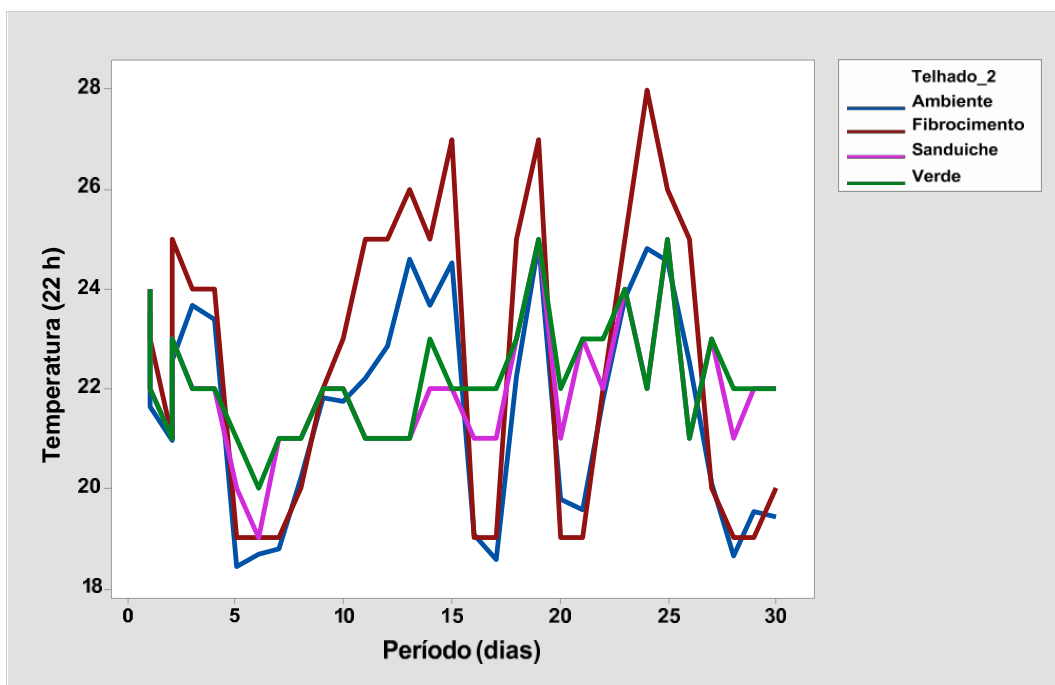


Gráfico 3 - Período e temperatura para o horário das 22h:00min.

5.1.1 Análise exploratória dos dados

O Gráfico 4 apresenta a relação de temperaturas entre os três protótipos com o do ambiente. Verifica-se maior anormalidade com o telhado de fibrocimento. Podemos observar que o telhado de fibrocimento tem limite superiores maior do que as outras variáveis, caracterizando uma instabilidade em temperaturas mais altas e um limite inferior menor do que as outras duas variáveis caracterizando um

desconforto térmico para temperaturas mais baixas tendo como parâmetro a temperatura ambiente. O telhado termoacústico e o telhado verde apresentaram valores de medianas menores em relação ao de fibrocimento com 21 graus celsius. O telhado verde apresentou dois pontos discrepantes, contudo os valores de temperatura ainda são satisfatórios em relação as duas estruturas, sendo menor para dias mais quentes e maior para dias mais frios. Para os valores do primeiro quartil até o segundo quartil observa-se uma amplitude maior para o fibrocimento, variando aproximadamente 6°C, caracterizando uma maior instabilidade. O telhado verde apresentou os melhores resultados, isso é, temperaturas mais regulares tanto em dias frios quanto em dias quentes.

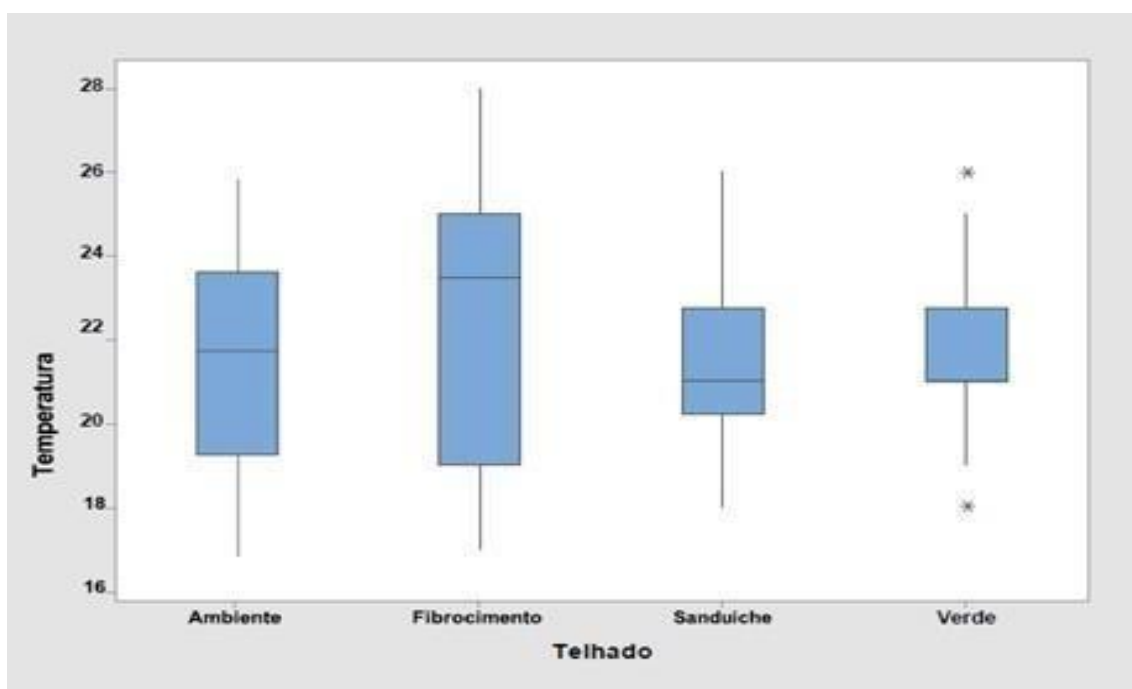


Gráfico 4 - Boxplot da relação de temperatura as estruturas e ambiente.

A Tabela 1 descreve os horários de coleta e a temperatura de cada protótipo e do ambiente local. Para valores da média do ambiente com relação aos protótipos, observou-se que há uma maior diferença com relação ao telhado de fibrocimento que é de aproximadamente dois graus a mais para o horário das 13h00min, consequentemente trazendo um conforto térmico menor. É válido ressaltar que o valor da temperatura máxima do sistema de fibrocimento em comparação com o ambiente foi quase três graus maiores para o horário das 13h00min e das 22h00min. Para uma comparação entre os três os protótipos verifica-se que o telhado verde

apresentou um conforto térmico em relação às temperaturas mínimas e que aumentou cerca de dois graus centígrados para os três horários. O telhado termoacústico e o telhado verde se aproximaram nos valores médios, ambos trazem um conforto térmico maior do que o de fibrocimento comparando com a temperatura ambiente, devido aos dias de coleta apresentarem mais temperaturas amenas, em torno de 25° C. É possível visualizar melhor o conforto térmico do telhado verde e do telhado sanduiche em horários isolados, como por exemplo no de maior e menor temperatura ambiente. Para os poucos dias de frio, o telhado verde e o termoacústico variaram pouco para mais em relação ao ambiente cerca de 2 °C os telhados verdes apresentam melhores condições térmicas e de drenagem pluvial mais favoráveis ao meio ambiente urbano.

Tabela 1 - Estatística descritiva para horários de coleta e a temperatura de cada protótipo.

Local	horário	Média	S	CV (%)	Mín	Me	Máx	AS	K
Ambiente	13:00	25.93	3.16	12.17	19.12	26.07	31.47	-0.44	-0.51
Ambiente	22:00	21.65	2.16	9.96	18.45	21.82	24.92	-0.05	-1.38
Ambiente	08:30	21.44	2.65	12.33	16.82	21.73	25.85	-0.12	-1.18
Fibrocimento	13:00	27.63	4.03	14.59	19.00	28.00	34.00	-0.36	-0.71
Fibrocimento	22:00	22.59	2.99	13.25	19.00	23.00	28.00	0.05	-1.48
Fibrocimento	08:30	22.44	3.43	15.27	17.00	23.50	28.00	-0.05	-1.44
Sanduiche	13:00	25.03	2.63	10.52	20.00	25.00	31.00	0.09	0.05
Sanduiche	22:00	21.94	1.32	6.01	19.00	22.00	25.00	0.57	0.76
Sanduiche	08:30	21.53	1.80	8.34	18.00	21.00	26.00	0.62	0.49
Verde	13:00	24.88	2.55	10.25	21.00	25.00	31.00	0.27	0.03
Verde	22:00	22.19	1.18	5.3	20.00	22.00	25.00	0.75	0.54
Verde	08:30	21.72	1.69	7.78	18.00	21.00	26.00	0.56	0.92

S-desvio padrão; CV-coeficiente de variação; Me- mediana; AS-Assimetria ; K-curtose

5.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Para comparar as diferenças das temperaturas nos ambientes conforme o tipo de cobertura foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) a 5% de significância, seguida de Teste de Comparação de Múltiplo de Médias de Tukey e Fisher (Tabela 3). As letras iguais representam tratamentos iguais e letras diferentes representam tratamentos estatisticamente diferentes.

Tabela 2 – Comparações de Médias dos ambientes versus coberturas em três horários de coleta 8h:30min, 13h:00min e 22h:00min.

Cobertura	n	Médias	Tukey	Fisher
Fibrocimento	96	24.219	A	A
Ambiente	96	23.008	B	B
Verde	96	22.927	B	B
Sanduiche	96	22.833	B	B

Para a Tabela 2 é possível observar que médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes a 5% de probabilidade, ou seja, para o telhado de fibrocimento é possível afirmar que com relação ao conforto térmico apresentou valores que não são significantes devidos aos valores de temperatura que foram discrepantes, principalmente em dias mais quentes, interferindo em sua média ao ambiente.

5.2.1 Relação das temperaturas com o horário de coleta.

- Horário 8h:30min

Tabela 3 – Análise de variância para 08h30min

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Telhado	3	19.54	6.512	1.05	0.373
Erro	124	769.18	6.203		
Total	127	788.72			

Para efeitos de comparação o horário das 08h30min não apresentou uma discrepância nas médias das temperaturas dos protótipos. Essa resposta pode ser dada através da análise de variância em que o P-valor maior que o valor crítico (0,05), não rejeita a hipótese nula, ou seja, as diferenças médias não foram significativas.

- Horário 13h:00min

De acordo com o Gráfico 6 da densidade de probabilidade em relação a temperatura tem-se a normalidade da curva relacionada com a média e o desvio padrão. É possível notar que o telhado de fibrocimento apresenta um maior desvio

padrão e por consequência a curva fica mais achatada, caracterizando uma maior variabilidade de dados, ou seja, maior número de valores para temperatura tanto para mais baixa quanto para mais alta se distanciando da média. Para a curva normal do telhado verde e do fibrocimento observa-se uma média próxima da outra cerca de 25° C e um achatamento similar devido ao desvio padrão ter valores próximos, caracterizando uma menor variabilidade de dados em relação ao de fibrocimento. A média do protótipo de fibrocimento se deu maior pelo fato de apresentar temperaturas com valores maiores enquanto as duas estruturas se mantiveram com temperaturas menores ou iguais ao ambiente. 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, ou seja, o telhado verde aproximou mais desse valor, apresentando um conforto térmico melhor.

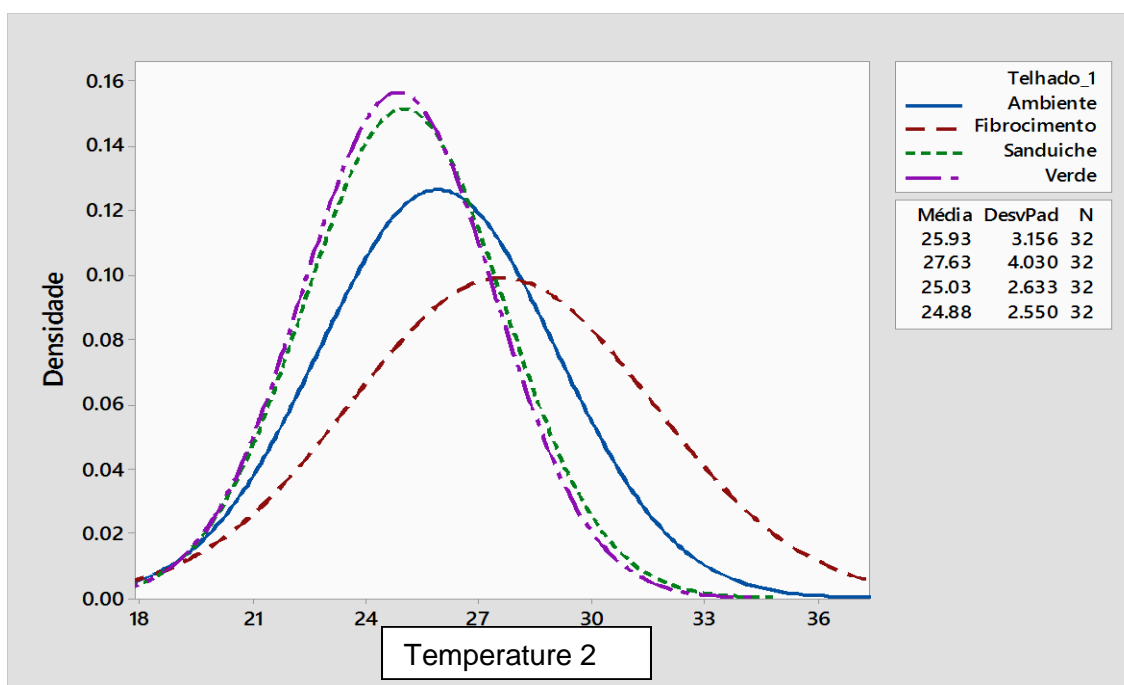


Gráfico 5 - Função da densidade de probabilidade da temperatura.

- Horário 22:00

Para o horário das 22h as médias ficaram similares entre os três protótipos, um pouco maior para a de fibrocimento. O desvio padrão para a estrutura de fibrocimento caracterizou uma maior variabilidade dos resultados achatando mais a curva, ou seja, valores de temperatura maiores e menores em relação outras

variáveis. As curvas do telhado verde e do sanduiche apresentaram valores parecidos com um desvio padrão maior para a estrutura sanduiche alongando um pouco mais, ou seja, intervalo de valores de temperatura um pouco maior. Em relação ao conforto térmico, a noite não apresenta o fator insolação que diferencia para um conforto térmico, ou seja a temperatura é um dado importante para se medir a eficiência térmica, porém outros fatores podem influenciar o bem estar térmico. Essa diferença térmica para o turno da noite seria melhor aproveitada para temperaturas ambientes mais baixas.

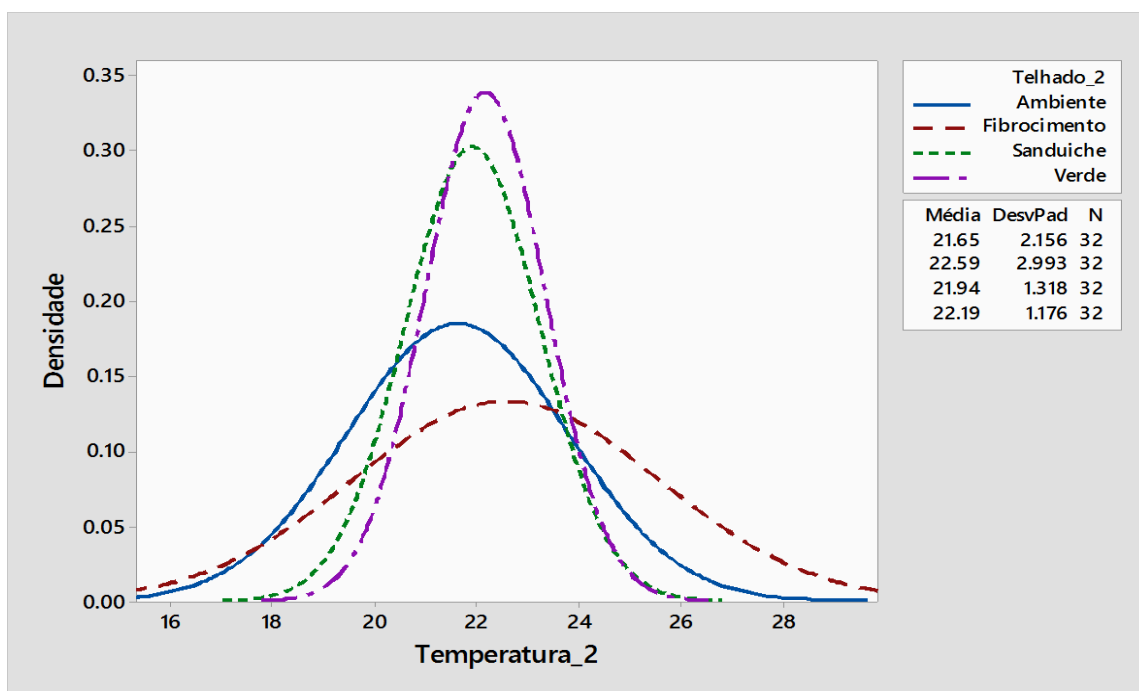


Gráfico 6 - Relação das temperaturas com a densidade para as 22h.

5.3 Escoamento superficial

Para os dias de chuvas quatro dias se destacaram, sendo eles: 40,5 mm; 25, 7 mm; 11,8mm e 12,4mm. Esses valores contribuíram de forma substancial nos resultados de escoamento superficial. No Gráfico 7 é apresentado a precipitação em mm e o valor escoado em litros por área para cada sistema. Nota-se que o telhado verde escoou menos água em comparação ao telhado convencional.

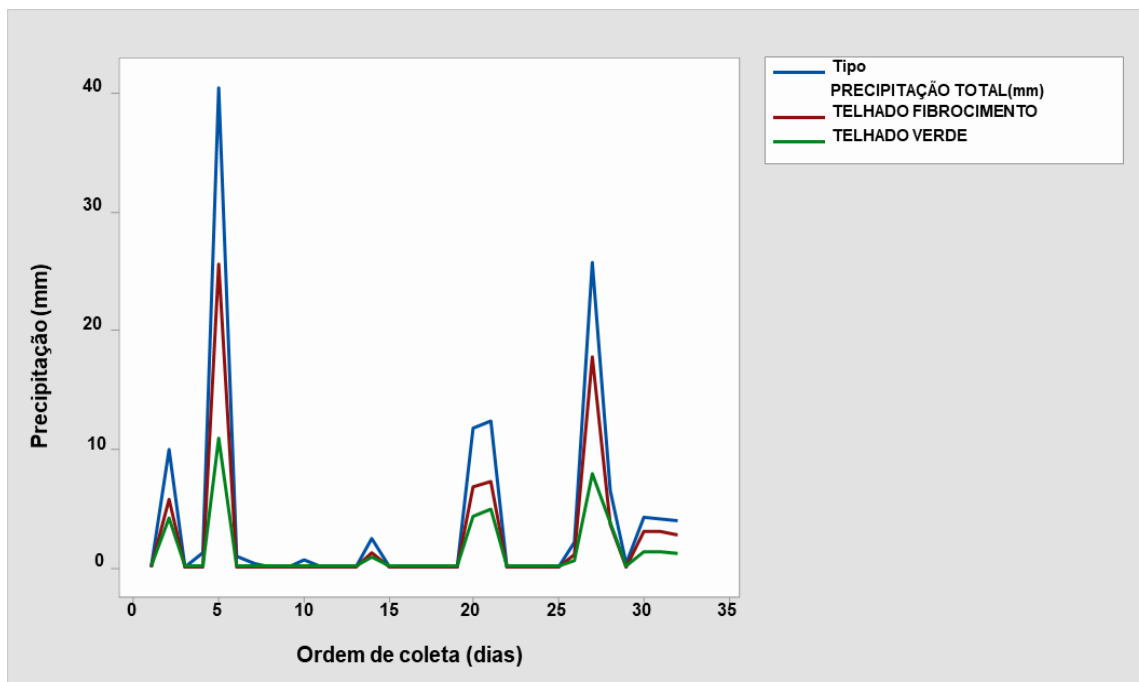


Gráfico 7 – Volume de água pluvial escoadas dos telhados verde e convencional.

É possível observar que o sistema verde escoou uma média de 50% a menos que o sistema de fibrocimento. Castro e Goldenfum (2010) desenvolveram uma pesquisa semelhante em relação ao escoamento superficial dos telhados, estes fizeram uma comparação em diferentes tipos de telhados visto que nesse estudo é feita uma comparação entre telhado e terraço com a utilização de cobertura vegetal e terraço e telhado convencional. Os primeiros resultados apontam melhor eficiência para as coberturas que apresentam o telhado verde. Estes mostram que, para os eventos de chuvas estudados, os telhados verdes conseguiram reduzir o escoamento superficial em 50% e 100%, para cada tipo de telhado verde empregado.

Conforme o trabalho realizado por Tassi et al. (2010), um estudo realizado durante 17 meses monitorando um modelo experimental, com o objetivo de avaliar seu efeito sobre o escoamento pluvial, por meio da determinação do coeficiente de escoamento superficial. O coeficiente de escoamento médio estudado foi cerca de 25%, mesmo assim demonstrou uma eficiência no 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.

6 CONCLUSÃO

Para a eficiência térmica é possível concluir que o telhado verde apresentou um melhor conforto térmico em comparação aos outros protótipos. O telhado termoacústico (sanduiche) é mais preferível pelo fato de ter fácil instalação e manutenção e, também, apresentou resultados satisfatórios. O telhado de fibrocimento apresentou os valores mais discrepantes e menos preferíveis em relação ao conforto térmico.

Para o monitoramento diário das três estruturas o horário das 13h00min foi o que mais teve resultados das eficiências térmicas. Para o escoamento pluvial o telhado verde escoou menos água do que o telhado de fibrocimento sendo uma solução para as grandes cidades que sofrem com alagamentos.

Portanto o telhado verde surge como uma forma mais sustentável para amenizar os problemas de escoamento pluvial e eficiência térmica. O telhado “sanduiche” surge como uma alternativa viável apenas para a eficiência térmica. É importante que novas tecnologias venham acrescentar na eficiência térmica em no escoamento como forma de substituir modelos defasados e não sustentáveis.

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 Abril/2019.
- ANGELFIRE. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/me/babiloniabrasil/jardinsus.html>>. Acesso em Junho/2019.
- ARAÚJO, S. R. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos.** Soropédica, RJ, 2007.p.5.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 7581: **Telha Ondulada De Fibrocimento.** Rio de Janeiro, 1993.
- AUCKLAND, 1998 apud TOMAZ, 2008. **Cobertura Verde.** 2008. In: Curso de manuseio de águas pluviais. Capítulo 51.
- 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.
- CLIMADATE. **Clima:** Medianeira. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43579/>>. Acesso em Maio/2019.
- 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.
- HOMETEKA. Disponível em: <https://www.hometeka.com.br/aprenda/o-que-e-telha-termoacustica-sanduiche/>. Acesso em Junho/2019.
- KIBERT, C. J. **Sustainable Construction. Green Building Desing and Delivery.** Jonh Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2008.
- MARTINS, Patrícia. **Cobertura em telhado de fibrocimento.** Ebah. 2006-2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABSLUAI/trabalho-nota-01-cobertura-telhado-fibrocimento>>. Acesso em Maio/2019.
- NASCIMENTO, Wânia C. do. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba** – Barreiras e potencialidades. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR, PPGCC, 2008.
- 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 Março/2019.

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 Abril/2019.

SKPROJETOS. **Construções Sustentáveis, o que são e qual a sua importância**. Disponível em: < <http://www.skprojetos.com.br/construcoes-sustentaveis/>>. Acesso em: junho/2019.

SONG, U. & KIM, E. **Wetlands are an effective green roof system**. School of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-747, 2013.

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.

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

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009 Aecweb, Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/ananda_catalogo_03.pdf. Acesso em Junho/2019.

APÊNDICES

Apêndice A - Dados coletados da temperatura

Mês	Dia	horário	Telhado	Temperatura
abril	1	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	1	13:00 h	Fibrocimento	33
abril	1	22:00 h	Fibrocimento	24
abril	2	8:30 h	Fibrocimento	23
abril	2	13:00 h	Fibrocimento	23
abril	2	22:00 h	Fibrocimento	21
abril	3	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	3	13:00 h	Fibrocimento	25
abril	3	22:00 h	Fibrocimento	24
abril	4	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	4	13:00 h	Fibrocimento	30
abril	4	22:00 h	Fibrocimento	24
abril	5	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	5	13:00 h	Fibrocimento	22
abril	5	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	6	8:30 h	Fibrocimento	17
abril	6	13:00 h	Fibrocimento	19
abril	6	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	7	8:30 h	Fibrocimento	18
abril	7	13:00 h	Fibrocimento	20
abril	7	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	8	8:30 h	Fibrocimento	18
abril	8	13:00 h	Fibrocimento	25
abril	8	22:00 h	Fibrocimento	20
abril	9	8:30 h	Fibrocimento	21
abril	9	13:00 h	Fibrocimento	29
abril	9	22:00 h	Fibrocimento	22
abril	10	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	10	13:00 h	Fibrocimento	27
abril	10	22:00 h	Fibrocimento	23
abril	11	8:30 h	Fibrocimento	27
abril	11	13:00 h	Fibrocimento	30
abril	11	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	12	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	12	13:00 h	Fibrocimento	32
abril	12	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	13	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	13	13:00 h	Fibrocimento	31
abril	13	22:00 h	Fibrocimento	26

abril	14	8:30 h	Fibrocimento	27
abril	14	13:00 h	Fibrocimento	32
abril	14	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	15	8:30 h	Fibrocimento	27
abril	15	13:00 h	Fibrocimento	33
abril	15	22:00 h	Fibrocimento	27
abril	16	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	16	13:00 h	Fibrocimento	31
abril	16	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	17	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	17	13:00 h	Fibrocimento	27
abril	17	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	18	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	18	13:00 h	Fibrocimento	28
abril	18	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	19	8:30 h	Fibrocimento	28
abril	19	13:00 h	Fibrocimento	34
abril	19	22:00 h	Fibrocimento	27
abril	20	8:30 h	Fibrocimento	26
abril	20	13:00 h	Fibrocimento	30
abril	20	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	21	8:30 h	Fibrocimento	24
abril	21	13:00 h	Fibrocimento	22
abril	21	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	22	8:30 h	Fibrocimento	19
abril	22	13:00 h	Fibrocimento	27
abril	22	22:00 h	Fibrocimento	22
abril	23	8:30 h	Fibrocimento	24
abril	23	13:00 h	Fibrocimento	28
abril	23	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	24	8:30 h	Fibrocimento	25
abril	24	13:00 h	Fibrocimento	31
abril	24	22:00 h	Fibrocimento	28
abril	25	8:30 h	Fibrocimento	21
abril	25	13:00 h	Fibrocimento	33
abril	25	22:00 h	Fibrocimento	26
abril	26	8:30 h	Fibrocimento	27
abril	26	13:00 h	Fibrocimento	23
abril	26	22:00 h	Fibrocimento	25
abril	27	8:30 h	Fibrocimento	24
abril	27	13:00 h	Fibrocimento	30
abril	27	22:00 h	Fibrocimento	20

abril	28	8:30 h	Fibrocimento	20
abril	28	13:00 h	Fibrocimento	24
abril	28	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	29	8:30 h	Fibrocimento	17
abril	29	13:00 h	Fibrocimento	25
abril	29	22:00 h	Fibrocimento	19
abril	30	8:30 h	Fibrocimento	24
abril	30	13:00 h	Fibrocimento	28
abril	30	22:00 h	Fibrocimento	20
maio	1	8:30 h	Fibrocimento	20
maio	1	13:00 h	Fibrocimento	26
maio	1	22:00 h	Fibrocimento	23
maio	2	8:30 h	Fibrocimento	21
maio	2	13:00 h	Fibrocimento	26
<u>maio</u>		<u>22:00 h</u>	<u>Fibrocimento</u>	<u>25</u>
abril	1	8:30 h	Verde	25
abril	1	13:00 h	Verde	31
abril	1	22:00 h	Verde	24
abril	2	8:30 h	Verde	21
abril	2	13:00 h	Verde	21
abril	2	22:00 h	Verde	21
abril	3	8:30 h	Verde	21
abril	3	13:00 h	Verde	23
abril	3	22:00 h	Verde	22
abril	4	8:30 h	Verde	22
abril	4	13:00 h	Verde	27
abril	4	22:00 h	Verde	22
abril	5	8:30 h	Verde	21
abril	5	13:00 h	Verde	22
abril	5	22:00 h	Verde	21
abril	6	8:30 h	Verde	19
abril	6	13:00 h	Verde	21
abril	6	22:00 h	Verde	20
abril	7	8:30 h	Verde	20
abril	7	13:00 h	Verde	21
abril	7	22:00 h	Verde	21
abril	8	8:30 h	Verde	20
abril	8	13:00 h	Verde	25
abril	8	22:00 h	Verde	21
abril	9	8:30 h	Verde	21
abril	9	13:00 h	Verde	27
abril	9	22:00 h	Verde	22
abril	10	8:30 h	Verde	21
abril	10	13:00 h	Verde	25
abril	10	22:00 h	Verde	22
abril	11	8:30 h	Verde	22
abril	11	13:00 h	Verde	24

abril	11	22:00 h	Verde	21
abril	12	8:30 h	Verde	21
abril	12	13:00 h	Verde	25
abril	12	22:00 h	Verde	21
abril	13	8:30 h	Verde	21
abril	13	13:00 h	Verde	27
abril	13	22:00 h	Verde	21
abril	14	8:30 h	Verde	21
abril	14	13:00 h	Verde	25
abril	14	22:00 h	Verde	23
abril	15	8:30 h	Verde	25
abril	15	13:00 h	Verde	26
abril	15	22:00 h	Verde	22
abril	16	8:30 h	Verde	18
abril	16	13:00 h	Verde	24
abril	16	22:00 h	Verde	22
abril	17	8:30 h	Verde	22
abril	17	13:00 h	Verde	23
abril	17	22:00 h	Verde	22
abril	18	8:30 h	Verde	22
abril	18	13:00 h	Verde	25
abril	18	22:00 h	Verde	23
abril	19	8:30 h	Verde	22
abril	19	13:00 h	Verde	30
abril	19	22:00 h	Verde	25
abril	20	8:30 h	Verde	21
abril	20	13:00 h	Verde	26
abril	20	22:00 h	Verde	22
abril	21	8:30 h	Verde	21
abril	21	13:00 h	Verde	21
abril	21	22:00 h	Verde	23
abril	22	8:30 h	Verde	21
abril	22	13:00 h	Verde	25
abril	22	22:00 h	Verde	23
abril	23	8:30 h	Verde	23
abril	23	13:00 h	Verde	24
abril	23	22:00 h	Verde	24
abril	24	8:30 h	Verde	24
abril	24	13:00 h	Verde	26
abril	24	22:00 h	Verde	22
abril	25	8:30 h	Verde	22
abril	25	13:00 h	Verde	28
abril	25	22:00 h	Verde	25
abril	26	8:30 h	Verde	26
abril	26	13:00 h	Verde	21
abril	26	22:00 h	Verde	21
abril	27	8:30 h	Verde	22

abril	27	13:00 h	Verde	28
abril	27	22:00 h	Verde	23
abril	28	8:30 h	Verde	23
abril	28	13:00 h	Verde	23
abril	28	22:00 h	Verde	22
abril	29	8:30 h	Verde	20
abril	29	13:00 h	Verde	25
abril	29	22:00 h	Verde	22
abril	30	8:30 h	Verde	23
abril	30	13:00 h	Verde	27
abril	30	22:00 h	Verde	22
maio	1	8:30 h	Verde	23
maio	1	13:00 h	Verde	25
maio	1	22:00 h	Verde	22
maio	2	8:30 h	Verde	21
maio	2	13:00 h	Verde	25
<u>maio</u>		<u>22:00 h</u>	<u>Verde</u>	<u>23</u>
abril	1	8:30 h	Sanduiche	25
abril	1	13:00 h	Sanduiche	31
abril	1	22:00 h	Sanduiche	24
abril	2	8:30 h	Sanduiche	21
abril	2	13:00 h	Sanduiche	21
abril	2	22:00 h	Sanduiche	21
abril	3	8:30 h	Sanduiche	20
abril	3	13:00 h	Sanduiche	24
abril	3	22:00 h	Sanduiche	22
abril	4	8:30 h	Sanduiche	23
abril	4	13:00 h	Sanduiche	28
abril	4	22:00 h	Sanduiche	22
abril	5	8:30 h	Sanduiche	20
abril	5	13:00 h	Sanduiche	22
abril	5	22:00 h	Sanduiche	20
abril	6	8:30 h	Sanduiche	18
abril	6	13:00 h	Sanduiche	20
abril	6	22:00 h	Sanduiche	19
abril	7	8:30 h	Sanduiche	20
abril	7	13:00 h	Sanduiche	21
abril	7	22:00 h	Sanduiche	21
abril	8	8:30 h	Sanduiche	20
abril	8	13:00 h	Sanduiche	25
abril	8	22:00 h	Sanduiche	21
abril	9	8:30 h	Sanduiche	21
abril	9	13:00 h	Sanduiche	27
abril	9	22:00 h	Sanduiche	22
abril	10	8:30 h	Sanduiche	20
abril	10	13:00 h	Sanduiche	25

abril	10	22:00 h	Sanduiche	22
abril	11	8:30 h	Sanduiche	23
abril	11	13:00 h	Sanduiche	25
abril	11	22:00 h	Sanduiche	21
abril	12	8:30 h	Sanduiche	21
abril	12	13:00 h	Sanduiche	25
abril	12	22:00 h	Sanduiche	21
abril	13	8:30 h	Sanduiche	21
abril	13	13:00 h	Sanduiche	27
abril	13	22:00 h	Sanduiche	21
abril	14	8:30 h	Sanduiche	21
abril	14	13:00 h	Sanduiche	25
abril	14	22:00 h	Sanduiche	22
abril	15	8:30 h	Sanduiche	25
abril	15	13:00 h	Sanduiche	25
abril	15	22:00 h	Sanduiche	22
abril	16	8:30 h	Sanduiche	19
abril	16	13:00 h	Sanduiche	25
abril	16	22:00 h	Sanduiche	21
abril	17	8:30 h	Sanduiche	21
abril	17	13:00 h	Sanduiche	24
abril	17	22:00 h	Sanduiche	21
abril	18	8:30 h	Sanduiche	21
abril	18	13:00 h	Sanduiche	26
abril	18	22:00 h	Sanduiche	23
abril	19	8:30 h	Sanduiche	22
abril	19	13:00 h	Sanduiche	30
abril	19	22:00 h	Sanduiche	25
abril	20	8:30 h	Sanduiche	21
abril	20	13:00 h	Sanduiche	26
abril	20	22:00 h	Sanduiche	21
abril	21	8:30 h	Sanduiche	21
abril	21	13:00 h	Sanduiche	21
abril	21	22:00 h	Sanduiche	23
abril	22	8:30 h	Sanduiche	21
abril	22	13:00 h	Sanduiche	25
abril	22	22:00 h	Sanduiche	22
abril	23	8:30 h	Sanduiche	23
abril	23	13:00 h	Sanduiche	24
abril	23	22:00 h	Sanduiche	24
abril	24	8:30 h	Sanduiche	24
abril	24	13:00 h	Sanduiche	26
abril	24	22:00 h	Sanduiche	22
abril	25	8:30 h	Sanduiche	22
abril	25	13:00 h	Sanduiche	28
abril	25	22:00 h	Sanduiche	25

abril	26	8:30 h	Sanduiche	26
abril	26	13:00 h	Sanduiche	21
abril	26	22:00 h	Sanduiche	21
abril	27	8:30 h	Sanduiche	22
abril	27	13:00 h	Sanduiche	29
abril	27	22:00 h	Sanduiche	23
abril	28	8:30 h	Sanduiche	22
abril	28	13:00 h	Sanduiche	23
abril	28	22:00 h	Sanduiche	21
abril	29	8:30 h	Sanduiche	19
abril	29	13:00 h	Sanduiche	25
abril	29	22:00 h	Sanduiche	22
abril	30	8:30 h	Sanduiche	23
abril	30	13:00 h	Sanduiche	27
abril	30	22:00 h	Sanduiche	22
maio	1	8:30 h	Sanduiche	22
maio	1	13:00 h	Sanduiche	25
maio	1	22:00 h	Sanduiche	22
maio	2	8:30 h	Sanduiche	21
maio	2	13:00 h	Sanduiche	<u>25</u>
<u>maio</u>		<u>22:00 h</u>	<u>Sanduiche</u>	<u>23</u>
abril	1	8:30 h	Ambiente	24,81
abril	1	13:00 h	Ambiente	31,47
abril	1	22:00 h	Ambiente	23,54
abril	2	8:30 h	Ambiente	22,22
abril	2	13:00 h	Ambiente	22,77
abril	2	22:00 h	Ambiente	20,97
abril	3	8:30 h	Ambiente	19,63
abril	3	13:00 h	Ambiente	25,68
abril	3	22:00 h	Ambiente	23,68
abril	4	8:30 h	Ambiente	24,88
abril	4	13:00 h	Ambiente	29,71
abril	4	22:00 h	Ambiente	23,37
abril	5	8:30 h	Ambiente	18,37
abril	5	13:00 h	Ambiente	21,71
abril	5	22:00 h	Ambiente	18,45
abril	6	8:30 h	Ambiente	16,82
abril	6	13:00 h	Ambiente	19,12
abril	6	22:00 h	Ambiente	18,67
abril	7	8:30 h	Ambiente	17,99
abril	7	13:00 h	Ambiente	19,61
abril	7	22:00 h	Ambiente	18,78
abril	8	8:30 h	Ambiente	18,06
abril	8	13:00 h	Ambiente	24,74
abril	8	22:00 h	Ambiente	20,21
abril	9	8:30 h	Ambiente	20,26

abril	9	13:00 h	Ambiente	27,71
abril	9	22:00 h	Ambiente	21,83
abril	10	8:30 h	Ambiente	18,87
abril	10	13:00 h	Ambiente	25,31
abril	10	22:00 h	Ambiente	21,74
abril	11	8:30 h	Ambiente	24,18
abril	11	13:00 h	Ambiente	27,81
abril	11	22:00 h	Ambiente	22,2
abril	12	8:30 h	Ambiente	22,59
abril	12	13:00 h	Ambiente	29,01
abril	12	22:00 h	Ambiente	22,87
abril	13	8:30 h	Ambiente	23,42
abril	13	13:00 h	Ambiente	28,84
abril	13	22:00 h	Ambiente	24,61
abril	14	8:30 h	Ambiente	24,75
abril	14	13:00 h	Ambiente	28,32
abril	14	22:00 h	Ambiente	23,68
abril	15	8:30 h	Ambiente	25
abril	15	13:00 h	Ambiente	29,08
abril	15	22:00 h	Ambiente	24,53
abril	16	8:30 h	Ambiente	21,24
abril	16	13:00 h	Ambiente	27,67
abril	16	22:00 h	Ambiente	19,06
abril	17	8:30 h	Ambiente	17,92
abril	17	13:00 h	Ambiente	25,29
abril	17	22:00 h	Ambiente	18,59
abril	18	8:30 h	Ambiente	19,78
abril	18	13:00 h	Ambiente	25,54
abril	18	22:00 h	Ambiente	22,25
abril	19	8:30 h	Ambiente	25,85
abril	19	13:00 h	Ambiente	30,1
abril	19	22:00 h	Ambiente	24,92
abril	20	8:30 h	Ambiente	23,69
abril	20	13:00 h	Ambiente	28,47
abril	20	22:00 h	Ambiente	19,79
abril	21	8:30 h	Ambiente	22,48
abril	21	13:00 h	Ambiente	20,99
abril	21	22:00 h	Ambiente	19,57
abril	22	8:30 h	Ambiente	19,61
abril	22	13:00 h	Ambiente	24,05
abril	22	22:00 h	Ambiente	21,8
abril	23	8:30 h	Ambiente	22,3
abril	23	13:00 h	Ambiente	26,46
abril	23	22:00 h	Ambiente	23,82
abril	24	8:30 h	Ambiente	23,46
abril	24	13:00 h	Ambiente	28,07

abril	24	22:00 h	Ambiente	24,81
abril	25	8:30 h	Ambiente	20,93
abril	25	13:00 h	Ambiente	29,6
abril	25	22:00 h	Ambiente	24,57
abril	26	8:30 h	Ambiente	24,67
abril	26	13:00 h	Ambiente	22,5
abril	26	22:00 h	Ambiente	22,54
abril	27	8:30 h	Ambiente	22,76
abril	27	13:00 h	Ambiente	27,72
abril	27	22:00 h	Ambiente	20,11
abril	28	8:30 h	Ambiente	19,13
abril	28	13:00 h	Ambiente	22,48
abril	28	22:00 h	Ambiente	18,63
abril	29	8:30 h	Ambiente	16,89
abril	29	13:00 h	Ambiente	24,12
abril	29	22:00 h	Ambiente	19,55
abril	30	8:30 h	Ambiente	22,69
abril	30	13:00 h	Ambiente	26,47
abril	30	22:00 h	Ambiente	19,44
maio	1	8:30 h	Ambiente	19,98
maio	1	13:00 h	Ambiente	24,47
maio	1	22:00 h	Ambiente	21,65
maio	2	8:30 h	Ambiente	20,99
maio	2	13:00 h	Ambiente	<u>24,84</u>
maio	2	22:00 h	Ambiente	22,55

Apêndice B - Dados coletados do escoamento superficial

Dia (mês abril)	PRECIPITAÇÃO TOTAL(mm)	TELHADO VERDE	TELHADO FIBROCIMENTO
01/04/2019	0	0	0
02/04/2019	10	4,1	5,7
03/04/2019	0	0	0
04/04/2019	1.3	0	0
05/04/2019	40.5	10,8	25,6
06/04/2019	0.9	0	0
07/04/2019	0.3	0	0
08/04/2019	0	0	0
09/04/2019	0	0	0
10/04/2019	0.7	0	0
11/04/2019	0	0	0
12/04/2019	0	0	0
13/04/2019	0	0	0
14/04/2019	2,4	0,8	1,3
15/04/2019	0	0	0
16/04/2019	0	0	0
17/04/2019	0	0	0
18/04/2019	0	0	0
19/04/2019	0	0	0
20/04/2019	11.8	4,3	6,8
21/04/2019	12.4	4,8	7,3
22/04/2019	0	0	0
23/04/2019	0	0	0
24/04/2019	0	0	0
25/04/2019	0	0	0
26/04/2019	2.1	0,5	1,1
27/04/2019	25.7	7,8	17,8
28/04/2019	6.5	2,,3	3,7
29/04/2019	0.3	0	0
30/04/2019	4.2	1,3	3,1
01/05/2019	4.1	1,2	3
02/05/2019	3.9	1,1	2,8