

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LUCAS AUGUSTO PRUDENTE FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO ATRASO NO ESCOAMENTO, E DA
QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA PLUVIAL ESCOADA EM
TELHADO VERDE EXTENSIVO E DE FIBROCIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

LUCAS AUGUSTO PRUDENTE FERREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO ATRASO NO ESCOAMENTO, E DA
QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA PLUVIAL ESCOADA EM
TELHADO VERDE EXTENSIVO E DE FIBROCIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental, do Campus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Fleischfresser

CAMPO MOURÃO

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA DO ATRASO NO ESCOAMENTO, E DA QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA PLUVIAL ESCOADA EM TELHADO VERDE EXTENSIVO E DE FIBROCIMENTO

por

LUCAS AUGUSTO PRUDENTE FERREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 13 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. LUCIANO FLEISCHFRESSER

Prof. Dr. EUDES JOSÉ ARANTES

Prof. Dr. ADILANDRI MERCIO LOBEIRO

O Termo de Aprovação encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por estar comigo em todos os momentos, por me conceder força, perseverança e saúde frente a todos os desafios encontrados, e por abençoar a mim, minha família, professores, e amigos.

Gostaria de agradecer profundamente ao meu professor orientador, o Dr. Luciano Fleischfresser por estar ao meu lado nos momentos decisivos, por me defender, auxiliar, orientar e aconselhar em tudo que precisei, sem sua ajuda este trabalho não seria possível. Agradeço do fundo do coração por tudo.

A minha família, por me auxiliar, por entender minhas preocupações e me dar forças para continuar sempre em frente aos desafios.

A minha namorada Grazielly, por entender e estar sempre ao meu lado quando precisei de ajuda e quando as coisas não estavam fáceis soube me compreender

Aos meus amigos Pommer, Alexandre, Thalita, Thomas, Lucão, Nardelio e tantos outros que também estavam ao meu lado nestes tempos de faculdade.

Agradeço a todos os demais professores que tive, pois sem as bases adquiridas em suas disciplinas durante o curso, esse estudo jamais se concluiria.

Agradeço também aos demais funcionários da UTFPR de Campo Mourão, como os técnicos administrativos, técnicos de laboratório e o pessoal dos serviços gerais, pois sempre que precisei, estavam prontos a me ajudar, desde o meu ingresso na instituição, como na realização do presente estudo.

RESUMO

Ferreira, Lucas Augusto Prudente. **ANÁLISE COMPARATIVA DO ATRASO NO ESCOAMENTO, E DA QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA PLUVIAL ESCOADA EM TELHADO VERDE EXTENSIVO E DE FIBROCIMENTO**. 2015. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

No presente estudo foi analisada a eficiência dos telhados verdes em retardar o escoamento no início das chuvas em relação a um telhado convencional de fibrocimento, ambos de mesmas dimensões. Também se analisou a eficiência dos telhados verdes em reduzir o volume de água acumulada em eventos pluviométricos. Por fim, algumas características físicas e microbiológicas da água acumulada nos dois tipos de telhados foram analisadas para que se pudesse observar se os telhados verdes interferem na qualidade da mesma. Foram analisados um total de cinco eventos pluviométricos durante os meses de dezembro e janeiro, e a eficiência em retardar o escoamento e diminuir o volume escoado foram comprovadas. Quanto à qualidade da água, os telhados verdes não interferiram de maneira significativa, pois as amostras de água analisadas se mostraram próprias para o consumo doméstico.

Palavras-chaves: Experimento, Captação de chuva, Eficiência, Eventos pluviométricos.

ABSTRACT

Ferreira, Lucas Augusto Prudente. **A COMPARATIVE ANALYSIS OF RAINWATER RUNOFF DELAY, AND WATER QUANTITY AND QUALITY BETWEEN AN EXTENSIVE GREEN ROOF AND A FIBER CEMENT ROOF**. 2015. 45 p. Completion of course work (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2014.

The present study examined the effect of an extensive green roof in promoting rainwater runoff delay in comparison to an equal-area conventional fiber cement roof. The efficiency of this green roof in reducing the total runoff was also measured. Finally, samples of rainwater collected from both roofs were analyzed to infer water quality physical and microbiological parameters. A total of five rain events were analyzed during the months of December 2014 and January 2015. Both the runoff delay and the efficiency in reducing total runoff by the green roof have been demonstrated. According to the water quality analysis results, the samples from the two roof types can both be classified as adequate for domestic consumption.

Keywords: Experiment, Flow, Rain catchment, Efficiency, Rainfall events.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Vista aérea da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão com identificação do local de estudo	16
Figura 2	Protótipos utilizados no estudo.....	18
Figura 3	Módulos que foram utilizados nos telhados verdes.....	18
Figura 4	Esquema construtivo dos módulos.....	19
Figura 5	Sistemas de captação e armazenamento de água da chuva	21
Figura 6	Evolução temporal do primeiro evento pluviométrico analisado	26
Figura 7	Evolução temporal do segundo evento pluviométrico analisado	27
Figura 8	Evolução temporal do terceiro evento pluviométrico analisado.....	28
Figura 9	Evolução temporal do quarto evento pluviométrico analisado.....	28
Figura 10	Evolução temporal do quinto evento pluviométrico analisado	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados dos eventos pluviométricos e diferenças no início do escoamento entre telhado verde e telhado de fibrocimento	22
Tabela 2	Aspecto do substrato do telhado verde durante os eventos pluviométricos analisados	23
Tabela 3	Duração dos eventos pluviométricos analisados.....	23
Tabela 4	Resultados obtidos quanto ao volume acumulado de água dos protótipos de telhado verde e convencional de fibrocimento	24
Tabela 5	Eficiência dos telhados verdes em reduzir o volume de água acumulada em cada um dos eventos pluviométricos analisados.....	25
Tabela 6	Os resultados quanto ao pH, cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais no telhado verde e convencional	30
Tabela 7	Análise de parâmetros microbiológicos da água do TV e TF	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TV: Telhado Verde

TF: Telhado Fibrocimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 ORIGENS DOS TELHADOS VERDES	13
3.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DOS TELHADOS VERDES.....	13
3.3 CONTROLE QUANTITATIVO DE ÁGUA NOS TELHADOS VERDES	14
3.4 CONTROLE QUALITATIVO DE ÁGUA NOS TELHADOS VERDES	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
4.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS.....	17
4.3 MÓDULOS DO TELHADO VERDE.....	18
4.4 OBTENÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS, QUANTITATIVOS E DE RETARDO DO ESCOAMENTO	19
4.5 OBTENÇÃO DE DADOS QUALITATIVOS.....	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 DIFERENÇAS NO INÍCIO DO ESCOAMENTO DA CHUVA NOS DOIS PROTÓTIPOS.....	22
5.2 QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE ÁGUA ACUMULADOS DURANTE OS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS.	25
5.3 ANÁLISES DE PARÂMETROS FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	29
6 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A	35

1 INTRODUÇÃO

Telhados que possuem cobertura vegetal vêm se destacando hoje como um promissor ramo da arquitetura e design de imóveis. Esse destaque se deve a sua premissa de que trazem benefícios ao meio ambiente, melhoram o conforto térmico, proporcionam uma estética agradável e valorizam o imóvel.

Se faz importante analisar a técnica de se utilizar cobertura vegetal em telhados como uma solução ecológica para problemas decorrentes da urbanização intensiva, uma vez que o crescimento populacional em grandes centros é uma das principais causas da supressão de cada vez mais áreas de vegetação em zonas urbanas para atender a demanda por moradia, comércio, indústria e serviços necessários ao desenvolvimento sócio econômico das cidades, onde segundo dados de IBGE (2010) 84% da população brasileira reside.

Segundo Silva (2011) existem três tipos de telhados verdes, o extensivo, semi-intensivo e o intensivo. O extensivo se caracteriza pelo cultivo de plantas rasteiras de pequeno porte com camadas de solo de 5 a 15 cm de espessura, o intensivo se caracteriza pelo cultivo de plantas de maior porte, como árvores frutíferas, podendo conter camada de solo variando entre 15 e 40 cm de espessura. Já no semi-intensivo o autor o descreve como sendo um resumo das características do intensivo e do extensivo, podendo neste ser cultivado hortaliças, temperos, verduras e ervas, sua camada de solo varia entre 12 a 25 cm de espessura.

A técnica de cobertura vegetal em telhados também possui a capacidade de retardar e diminuir o escoamento superficial das precipitações. Característica esta que pode vir a se tornar uma solução muito útil quando aplicada em imóveis localizados em cidades que sofrem com inundações em períodos chuvosos, que ocorrem principalmente pelos baixos índices de infiltração da água no solo ocasionados pela impermeabilização da superfície do solo e o aumento do número de construções.

Souza e Santana (2009) destacam em seu trabalho que: além de proporcionar o conforto térmico, telhados com coberturas verdes têm como objetivo o controle quantitativo e qualitativo do escoamento superficial, pois seus efeitos podem consistir na redução do volume de água que escoaria em um telhado convencional uma vez que o telhado verde é composto por plantas e as mesmas possuem a capacidade de reter a água e gerar um atraso no pico do escoamento, pois ocorre a absorção da água pelo telhado verde. Também comprovam que a utilização em grande escala de

telhados com coberturas vegetais poderiam até diminuir o número de inundações nas grandes cidades.

Em seu trabalho, Persch, *et al.* (2011) também concorda que o telhado com cobertura vegetal realiza o controle quantitativo e o mesmo se faz devido a interceptação e armazenamento da água no solo, diz também que telhados com cobertura vegetal também podem ser utilizados como uma solução para o controle qualitativo da água pluvial, pois atuam como um “filtro” através da vegetação e do solo.

Os problemas urbanos que o emprego dos telhados verdes podem ajudar a amortizar vão além da redução quantitativa e controle qualitativo da pluviosidade, podendo se destacar também: a absorção de poluição sonora, uma opção para novas áreas de cultivo de alimentos orgânicos, as conhecidas hortas urbanas. Telhados verdes também contribuem para a umidificação do ar nos meses secos, podem servir de abrigo para avifauna nativa, podem contribuir para a redução de gastos com energia elétrica no uso de ar-condicionado em períodos mais quentes e há a possibilidade de reutilização da água se armazenada para regar plantas e lavar calçadas entre outros benefícios.

Sendo assim, é de suma importância o desenvolvimento de estudos que visem impulsionar o uso de telhados verdes, para que seu emprego no ramo da construção civil seja crescente, tendo em vista os benefícios que oferecem na qualidade ambiental urbana. Portanto a proposta deste trabalho visa mostrar se o uso de telhados verdes contribui para retardar o tempo e reduzir o escoamento de água na incidência de chuvas e determinar a qualidade da água escoada nos telhados verdes comparando-a com a água escoada em telhados de fibrocimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito de um telhado verde extensivo na quantidade e na qualidade da água escoada em relação a um telhado de fibrocimento, como também no atraso do escoamento durante a incidência de chuvas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o tempo de atraso do escoamento da chuva do telhado verde relativo ao telhado de fibrocimento para cada evento de precipitação registrado.
- Quantificar o volume de água escoada do telhado verde e do telhado convencional para cada evento de precipitação registrado.
- Realizar uma análise comparativa simplificada de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água escoada pelos dois telhados para eventos selecionados de precipitação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ORIGENS DOS TELHADOS VERDES

Os telhados verdes foram inicialmente criados e difundidos na Alemanha e obtiveram ampla aceitação no território Europeu na década de 60, sendo sinal de bom gosto e visual paisagístico (GOMES, *et al.* 2011).

Porém segundo Silva (2011), registros históricos demonstram que os telhados verdes são uma técnica construtiva bem mais antiga e utilizada primeiramente pelos Zigurates da antiga Mesopotâmia, onde hoje é o atual sul do Iraque e na Babilônia, em virtude do desempenho térmico proporcionado pela prática. O autor também diz que no Brasil o emprego dos telhados verdes em construções ainda é bastante tímido, ficando apenas representativo nos estados de Rio Grande do Sul e São Paulo.

3.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DOS TELHADOS VERDES

O crescimento populacional tem se dado de maneira heterogênea, de modo que atualmente metade da população mundial habita hoje os grandes centros urbanos, a sua maioria, em países em desenvolvimento, com isso a água pode ser observada como um agente de promoção e manutenção da qualidade de vida. O modelo atual de construção tem aumentado a quantidade de áreas impermeáveis, fato este que tem contribuído e muito para o aumento do escoamento superficial e aumento do pico de vazões dos eventos pluviométricos, o que pode vir a intensificar as enchentes. (OLIVEIRA, *et al.* 2009)

De acordo com Savi (2012) é de suma importância que novas tecnologias construtivas sejam apresentadas e que as mesmas que sejam competitivas no cunho econômico, para que haja estímulo aos profissionais a se especializarem e empregarem técnicas que reduzam o impacto das construções, e que estas técnicas tenham contribuição na criação e manutenção do microclima nos centros urbanos.

Para Heneine (2008), fazer o plantio de plantas nas coberturas, telhados e paredes é uma das mais inovadoras técnicas de desenvolvimento na construção

ambiental, pois seus benefícios são vistos como soluções climáticas e ajudam a melhorar a qualidade de vida nas cidades, pois os efeitos positivos da vegetação no ambiente urbano já são bem conhecidos, haja vista que diminuem a velocidades dos escoamentos de água, diminuem a temperatura em meses quentes e conservam a mesma nos meses frios. Há também os melhoramentos para a fauna, pois pode proporcionar o equilíbrio biológico local. Suas aplicações vão desde indústrias, residências, escritórios e outros estabelecimentos comerciais.

3.3 CONTROLE QUANTITATIVO DE ÁGUA NOS TELHADOS VERDES

Castro e Gondenfum (2008) consideram telhados verdes como sendo simplesmente uma camada da vegetação e uma camada de drenagem que será responsável pela retenção e posterior remoção da água. Em seus estudos de comportamento dos telhados verdes sob eventos de chuva obtiveram resultados iniciais que demonstraram que telhados com cobertura vegetal podem atingir um decréscimo no escoamento superficial de até 97,5% e 100% respectivamente nas primeiras 3 horas após o início da chuva. Já após 6 horas do início, a redução no escoamento superficial pode chegar de 70 a 100% nos terraços e de 26,6 a 100% nos telhados.

Bacávis e Nagallis (2013) realizaram em laboratório simulações de eventos de chuva para posterior análise da quantidade de água retida pelos protótipos de telhados verdes, onde ficou evidente a eficiência dos mesmos em mitigar os efeitos de chuvas intensas de 43,6 mm com duração de 16 minutos. Também se concluiu que a eficiência dos telhados verdes na retenção do escoamento superficial está intimamente ligada a condição inicial de saturação do substrato, onde resultados com o substrato semi-saturado obteve praticamente a metade da eficiência encontrada com o substrato seco. O atraso do início do escoamento no telhado verde não se alterou em diversas condições de saturação, levando a conclusão que este atributo dos telhados verdes não é alterado em função da condição de saturação do substrato.

Tassi, *et al.* (2014) Durante um período de 17 meses analisaram a eficiência dos telhados verdes em reduzir a quantidade de água escoada em relação a um telhado convencional de mesmo tamanho, neste período, verificaram que, em relação ao telhado convencional, no telhado verde foi possível reduzir, em média 62% dos

volumes escoados superficialmente, além de promover o retardo no início do escoamento superficial.

Santos, *et al.* (2013) verificou em seu experimento que seus resultados foram influenciados principalmente pelo tipo de vegetação e solo utilizados, assim como a espessura dessas camadas. Vindo a concluir também que: os telhados verdes obtiveram capacidade de retenção do volume total precipitado superior ao telhado controle em seus dois experimentos, com tipos de coberturas diferentes, sendo os resultados obtidos com precipitações de menores volumes.

3.4 CONTROLE QUALITATIVO DE ÁGUA NOS TELHADOS VERDES

Ferreira e Moruzzi (2007) em seu estudo para determinar se o uso de cobertura vegetal em telhados influi na qualidade da água que é escoada. Constataram que, com relação aos aspectos qualitativos da água, os telhados verdes podem tanto reter poluentes como carrear os mesmos. Aspectos como tipo de cobertura vegetal usada, a vazão do escoamento, a composição do substrato e o tempo de estabelecimento da vegetação podem influir diretamente no comportamento da qualidade da água escoada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na área da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, localizada no município de Campo Mourão, na Região Sul do país, na região centro-oeste do estado do Paraná, com altitude média de 630 metros sob o nível do mar. O local onde o estudo foi conduzido possui área gramada, precisamente localizada atrás do Bloco H em local desprovido de sombreamento natural e artificial, conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1 - Vista aérea da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campus Campo Mourão com identificação do local de estudo. Fonte: Google Earth (2014).

De acordo com Maack (2002), o clima de Campo Mourão é classificado como Cfa: clima subtropical úmido mesotérmico, de acordo com a classificação climática de Köppen, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de

concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida, com as seguintes médias anuais: temperatura dos meses mais quentes superior a 22°C e dos meses mais frios inferiores a 18°C; temperatura média de aproximadamente 20°C; chuvas variando entre 1.300 e 1.600 mm; umidade relativa do ar 75%; índice hídrico entre os níveis 20 e 60 e ausência de deficiência hídrica.

4.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

O estudo foi realizado em dois protótipos que serviram de base para a obtenção de dados, que foram construídos no Laboratório de Materiais de Construção da UTFPR por um responsável técnico.

Os materiais usados para a confecção dos protótipos foram vigas de pinus 5cm X 10cm que foram utilizados na construção estrutural das mesmas, de modo que foi permitido a implantação de um telhado inclinado. Placas de compensado naval serviram para tampar as laterais, frente e fundo e para o piso no interior dos protótipos. Após a construção, uma camada de *stain*, que é um produto semelhante ao verniz foi aplicada na madeira a fim de proteger a mesma da umidade e de fungos durante o período de estudo.

O telhado implantado foi de fibrocimento nos dois protótipos. Um deles recebeu os módulos de telhado verde. Está ilustrado na Figura 2 os protótipos que foram utilizadas no estudo.



Figura 2 - Protótipos utilizados no estudo. Fonte: Acervo do Autor (2014).

4.3 MÓDULOS DO TELHADO VERDE

Os telhados verdes utilizados no estudo foram divididos em três módulos, dois deles medindo 65 cm de largura por 244 cm de comprimento por 10 cm de altura e um medindo 55 cm de largura por 285 cm de comprimento por 10 cm de altura, que foram construídos em madeira e impermeabilizados com manta asfáltica 3M. Os módulos foram colocados sobre o telhado de um dos protótipos e ocupam toda a superfície do telhado, totalizando uma área de aproximadamente 5 m². Na Figura 3 está demonstrado os módulos que foram utilizados.



Figura 3 - Módulos que foram utilizados nos telhados verdes. Fonte: Acervo do Autor, (2014).

Os módulos foram preenchidos com argila expandida nos primeiros três centímetros de altura e depois cobertos por uma mistura de solo e poliestireno expandido. Este foi utilizado a fim de reduzir o peso de cada um dos módulos sobre a estrutura, uma vez que não há reforço estrutural no protótipo que recebe os módulos de telhado verdes, esta camada mede 5 cm.

Foi adquirida e plantada nos módulos do telhado verde a grama Esmeralda *Zoysia japônica* da família Poaceae que será colocada sobre a camada de terra.

Em uma das extremidades de cada módulo há dois tubos de 25 mm de diâmetro para que haja escoamento da água retida nos telhados verdes funcionando como um dreno, como está representado na Figura 4.

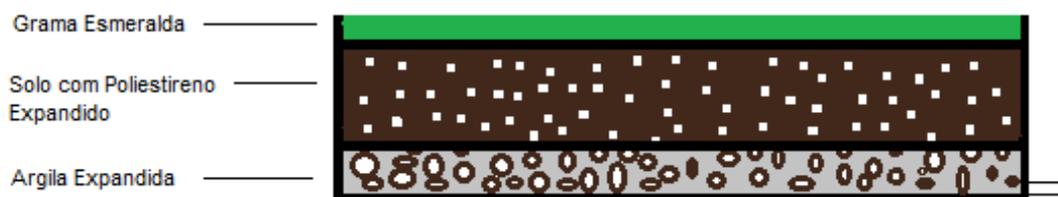


Figura 4 - Esquema construtivo dos módulos. Fonte: Acervo do Autor, (2014).

4.4 OBTENÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS, QUANTITATIVOS E DE RETARDO DO TEMPO DE ESCOAMENTO

Para a obtenção de dados relativos ao horário de início, duração, acompanhamento e término do evento de chuva foi utilizada a leitura de informações de um relógio digital com cronômetro que serviu para coletar informações necessárias para cada evento de chuva registrado neste estudo vindo a ser notado em planilha estes dados para a posterior discussão de seus resultados.

Para se quantificar o volume de água que escoou dos módulos, foi instalado um reservatório de 20 litros interligado com mangueiras flexíveis até os canos de dreno de cada um dos módulos, para se evitar que houvesse perdas quantitativas de água, estes drenos foram localizados na parte mais baixa dos módulos para que a água fosse conduzida por gravidade até os tubos que levam ao reservatório. O protótipo com telhado convencional utilizou uma calha coletora de água interligada por mangueira flexível de 50 mm a um reservatório de 20 litros.

Durante o evento de chuva, quando os reservatórios atingissem 20 litros, a mangueira flexível do escoamento era tampada e retirada para que pudesse ser realizada a retirada do volume de água contida no reservatório. Após isso, o tubo era novamente acoplado ao reservatório e se prosseguia a verificação dos dados de volume e evolução do evento de chuva.

Para quantificar o tempo de retardo do escoamento nos telhados verdes e a evolução do evento de chuva foi utilizado um relógio digital. Este era iniciado a partir do momento do início do evento de chuva. As parciais de tempo eram realizadas sempre que aumentava 0,5 litros de água em algum dos reservatórios, podendo assim gerar dados a respeito da diferença de comportamento do escoamento em razão de mudanças na incidência da chuva durante o evento.

A partir da análise da previsão pluviométrica semanal é que foram definidos os possíveis dias de medição de retardo do escoamento nos telhados. Quando houve precipitação, as medições de tempo de retardo e evolução do escoamento nos telhados eram realizadas.



Figura 5 - Sistemas de captação e armazenamento de água da chuva. Fonte: Acervo do autor, (2015).

4.5 OBTENÇÃO DE DADOS QUALITATIVOS

Foram realizadas durante o estudo duas análises da qualidade da água, que foram obtidas da reservação da água da chuva dos telhados verdes e do telhado convencional. Uma análise de parâmetros físicos, a respeito do evento de chuva do dia 08 de dezembro de 2014 e uma análise microbiológica do evento de chuva do dia 14 de janeiro de 2015, as coletas foram realizadas no mesmo dia da chuva e foram enviadas ao Laboratório Santa Rita no município de Mamborê / PR também no mesmo dia do evento pluviométrico para a realização das análises. As análises físico-

químicas solicitadas ao laboratório foram: cor, turbidez, pH, condutividade elétrica e sólidos totais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DIFERENÇAS NO INÍCIO DO ESCOAMENTO DA CHUVA NOS DOIS PROTÓTIPOS

As chuvas analisadas neste estudo bem como a demonstração do atraso no escoamento entre o protótipo contendo o telhado verde em relação ao que está somente com o fibrocimento estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados dos eventos pluviométricos e diferenças no início do escoamento entre telhado verde e telhado de fibrocimento.

Evento de Chuva	Data	Início da Chuva	Início do escoamento no TF	Início do escoamento no TV	Diferença entre TV e TF
1	08/12/2014	14:38:16	14:41:20	15:25:33	00:44:13
2	21/12/2014	18:02:14	18:02:23	-	-
3	22/12/2014	08:59:01	09:01:14	09:14:31	00:13:17
4	08/01/2014	17:36:24	17:37:44	17:43:43	00:05:59
5	08/01/2014	18:54:33	18:54:53	19:32:33	00:37:40

Foram analisados 5 eventos de chuva em um período compreendido de 31 dias durante o verão. Durante o estudo foi constatado que um dos fatores que poderia intervir na diferença do início do escoamento entre telhado verde e convencional foi o aspecto do substrato, ou seja, se o mesmo se encontrava seco, úmido, ou saturado. Foi considerado que a ausência de chuvas por 4 dias ou mais caracterizaria aspecto

seco, de 4 dias a 1 dia, o substrato apresentaria aspecto úmido, e se chovesse um dia antes da coleta o substrato teria aspecto saturado.

Estão representados na Tabela 2 os aspectos do substrato do telhado verde durante os eventos pluviométricos analisados.

Tabela 2 - Aspecto do substrato do telhado verde durante os eventos pluviométricos analisados.

Evento de Chuva	Data	Aspecto do substrato
1	08/12/2014	Úmido
2	21/12/2014	Seco
3	22/12/2014	Saturado
4	08/01/2014	Úmido
5	08/01/2014	Saturado

Em apenas uma das chuvas analisadas o substrato foi encontrado com aspecto seco, fato este que foi constatado no evento pluviométrico do dia 21 de dezembro de 2014. A duração da chuva neste evento foi apenas 16 minutos e 7 segundos, ou seja, uma rápida pancada de chuva, porém de intensidade considerável, uma vez que, mesmo durando pouco tempo, 17,5 litros de água foram rapidamente armazenados no reservatório do protótipo de telhado de fibrocimento, enquanto que nenhuma gota foi registrada no reservatório do protótipo de telhado verde. Este fato sugere que o substrato se encontrava seco.

Com este episódio é possível constatar que mesmo com uma pancada de chuva forte em curto espaço de tempo, o telhado verde foi capaz de retardar totalmente o escoamento da chuva deste dia, pois seu substrato encontrava-se seco e a chuva foi passageira. Nos demais eventos pluviométricos o substrato se encontrava úmido e saturado de água, fato este que serviu para se constatar a eficiência dos telhados verdes em retardar o escoamento quando chuvas ocorressem semanalmente.

Nos resultados apresentados no primeiro evento, o tempo de retardo nos telhados verdes foi de aproximadamente 44 minutos, quando comparado ao telhado convencional. Porém, vale ressaltar que apenas 340 ml de água foram acumulados no reservatório do telhado verde, ou seja, foi um evento de chuva fraca, com duração

de aproximadamente 1 hora e 19 minutos. Acumulou-se somente 9 litros de água no reservatório do telhado de fibrocimento em que não há material que possa absorver água da chuva, podendo assim considerar que em relação aos demais eventos analisados, esta foi de baixo volume.

No terceiro evento, de chuva no dia 22 de dezembro, a condição do substrato do telhado verde apresentou-se saturada devido à chuva do dia anterior. A chuva analisada neste dia teve o retardo no escoamento no telhado verde em relação ao telhado de fibrocimento de aproximadamente 13 minutos após o início da chuva.

No evento do dia 08 de janeiro de 2015, o substrato se encontrava úmido antes do início do evento, uma vez que havia chovido no dia anterior. Porém mesmo em condições úmidas, o substrato do telhado verde ainda foi capaz de reter água da chuva e retardar o escoamento em relação ao telhado convencional em aproximadamente 6 minutos.

O quinto evento pluviométrico analisado ocorreu logo após o quarto, no dia 08 de janeiro de 2015, logo o substrato se encontrava saturado, mas o escoamento anterior já havia cessado e apenas uma fina chuva caía neste evento, o que resultou em aproximadamente 38 minutos de atraso no escoamento e apenas 1 litro de água acumulada no reservatório do telhado verde.

A duração do evento de chuva interfere diretamente no escoamento do telhado verde, e interfere ainda na capacidade de absorção do volume de água precipitada totalmente. Na Tabela 3 está representada a duração dos eventos pluviométricos analisados.

Tabela 3 - Duração dos eventos pluviométricos analisados

Evento de Chuva	Início da Chuva H:min:seg	Final da chuva H:min:seg	Duração da chuva H:min:seg
1	14:38:16	15:57:16	01:19:00
2	18:02:14	18:18:21	00:16:07
3	08:59:01	13:15:09	04:16:08
4	17:36:24	18:23:42	00:47:18
5	18:54:33	20:02:41	01:07:31

É possível constatar que o tempo de duração de cada evento é um fator que pode vir a interferir no atraso do escoamento. No caso do segundo evento analisado (16 minutos de duração), o telhado verde reteve 100% do volume escoado.

5.2 QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE ÁGUA ACUMULADOS DURANTE OS EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS.

Ao longo do período de estudo, foi determinado o volume de água que seria reservado para cada um dos protótipos, a fim de analisar se os módulos de telhado verde seriam eficazes na diminuição da quantidade de água escoada. Na Tabela 4 estão demonstrados os resultados obtidos quanto ao volume de água que foi acumulado para cada evento pluviométrico analisado.

Tabela 4 - Resultados obtidos quanto ao volume acumulado de água dos protótipos de telhado verde e convencional de fibrocimento.

Evento de Chuva	Data	Volume escoado no TF	Volume escoado no TV	Diferença entre TF e TV
1	08/12/2014	9 Litros	0,340 Litros	8,66 Litros
2	21/12/2014	17,5 Litros	0	17,5 Litros
3	22/12/2014	65 Litros	29,5 Litros	35,5 Litros
4	08/01/2015	45,5 Litros	13,5 Litros	32 Litros
5	08/01/2015	8,5 Litros	1 Litro	7,5 Litros

Como demonstrado na tabela acima, os resultados condizem com a premissa de que os telhados verdes podem ser eficientes em diminuir o volume de água que escoaria normalmente em um telhado convencional. Concordando com autores como Oliveira, *et al.* (2009), que, em seu estudo observou que o telhado verde foi eficiente em reduzir o volume pluvial acumulado, podendo ser uma medida eficaz para projetos de drenagem e controle de inundações urbanas.

Tal sucesso na absorção de água pelo solo também é descrito por Rossato (2002), que traz em seu estudo que o solo, por fenômenos de absorção e capilaridade, basicamente retém a umidade que as plantas necessitam, portanto sendo este o armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Também diz que essa capacidade de absorção dependerá do conteúdo de água no solo, portanto, à medida

que diminui a quantidade de água no solo, se torna menor a quantidade de água oferecida às plantas. Isso faz com que aumente a capacidade de retenção, enquanto diminui a disponibilidade hídrica no solo.

Rossato (2002) também diz que as características de retenção de água no solo podem variar bastante em função da textura, conteúdo de matéria orgânica e do estado de agregação.

Na Tabela 5 estão demonstrados os resultados encontrados quanto à porcentagem da eficiência dos telhados verdes em cada um dos eventos pluviométricos analisados.

Tabela 5 - Eficiência do telhado verde em reduzir o volume de água acumulada em cada um dos eventos pluviométricos analisados

Data	Evento de Chuva	Eficiência em reduzir o escoamento
08/12/2014	1	87,5%
21/12/2014	2	100%
22/12/2014	3	55%
08/01/2015	4	71%
08/01/2015	5	95%

Altos valores de eficiência foram obtidos na redução do volume de água escoada no telhado verde. No terceiro evento estudado, com duração aproximada de 4 horas e 16 minutos, pode-se notar que a eficiência foi a menor encontrada, pois os módulos não foram capazes de absorver e reter o escoamento como nos outros eventos analisados, pois o volume precipitado foi relativamente muito maior. Caso a área do telhado verde fosse maior, proporcionando mais espaço nos poros do substrato, maiores quantidades de água teriam sido absorvidas.

Nos resultados encontrados foi possível verificar a eficiência do telhado verde em reduzir o volume escoado nas chuvas estudadas tanto em condições de substrato seco, úmido e saturado, não sendo este, por sua vez, um fator limitante para se obter resultados satisfatórios.

Na Figura 6 apresenta-se a evolução temporal do primeiro evento analisado, mostrando que no telhado verde o escoamento permanece por alguns minutos após o final do escoamento no telhado convencional.

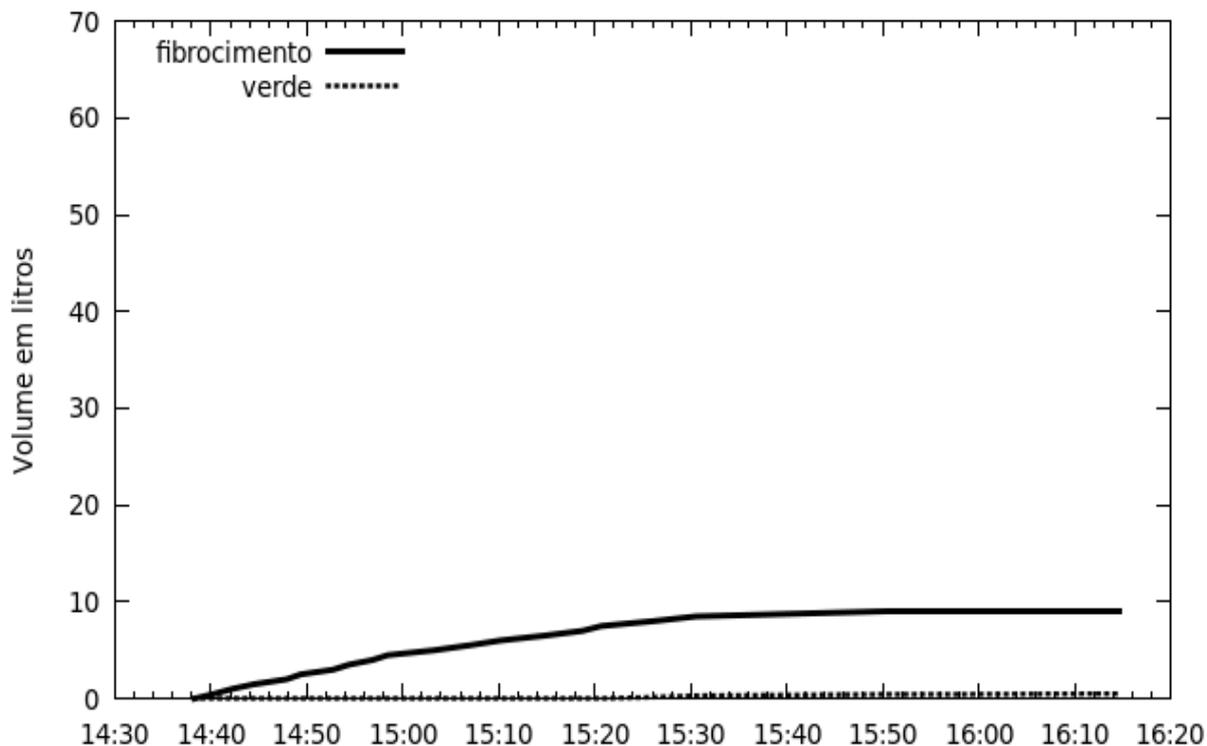


Figura 6 – Evolução temporal do primeiro evento pluviométrico analisado.

Também percebe-se a diferença entre os dois volumes escoados, deixando clara a eficiência do telhado verde em reduzir o volume de precipitação escoada.

A evolução temporal do segundo evento pluviométrico analisado é apresentada na Figura 7. Neste evento não houve escoamento do telhado verde como já citado anteriormente, mostrando que o mesmo foi extremamente eficiente durante uma chuva de curta duração, absorvendo totalmente o volume de água.

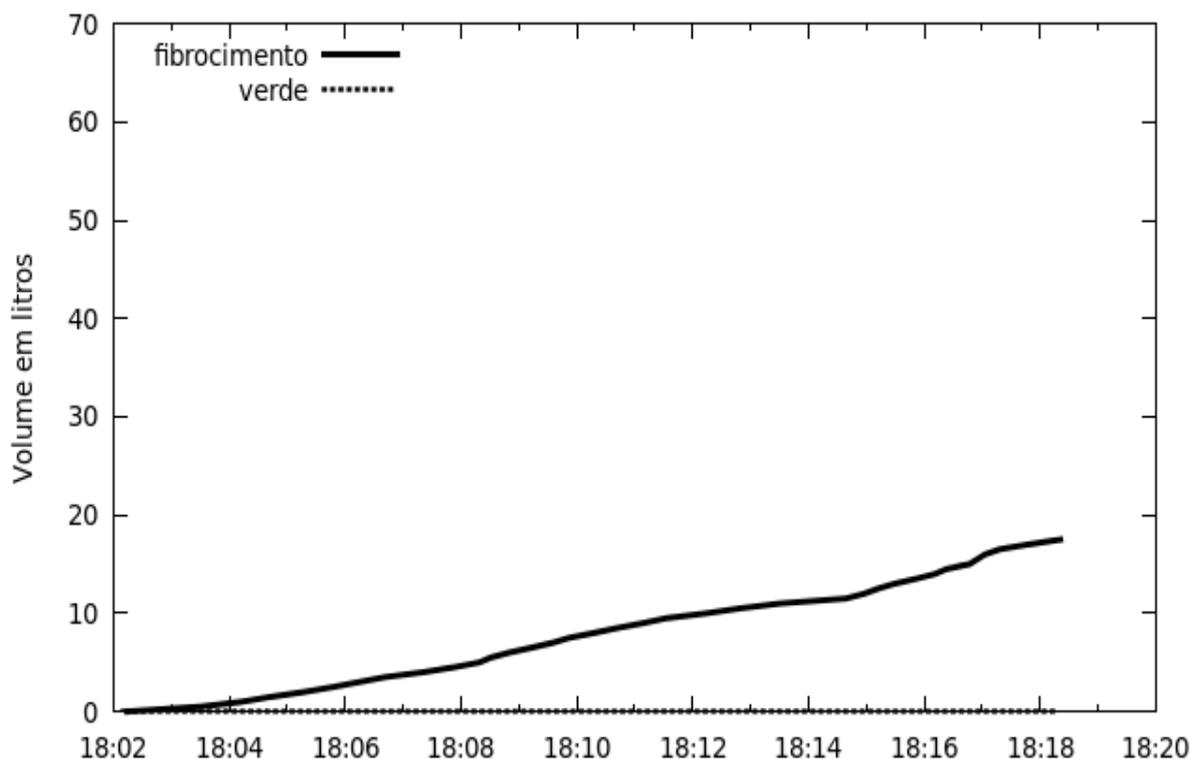


Figura 7 – Evolução temporal do segundo evento pluviométrico analisado.

A Figura 8 apresenta a evolução temporal do terceiro evento pluviométrico estudado, evento este em que o telhado verde apresentou eficiência de 55%. Este evento durou aproximadamente 4 horas, e foi possível analisar o comportamento dos dois tipos de telhado em relação ao escoamento. Pode-se constatar a diferença no início do escoamento em cada um, bem como na quantidade de água acumulada por cada tipo de telhado. No telhado verde o escoamento ainda continuou por algum tempo após o final da chuva, quando imediatamente era cessado no telhado convencional de fibrocimento.

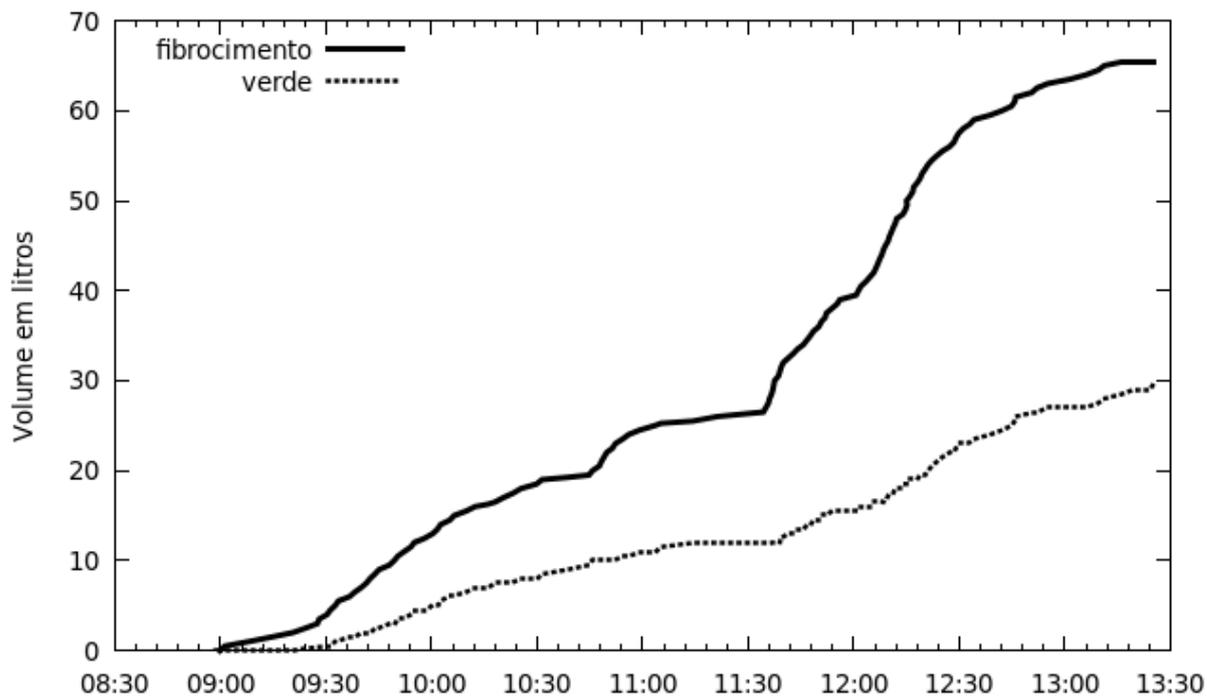


Figura 8 – Evolução temporal do terceiro evento pluviométrico analisado.

Na Figura 9 estão demonstrados os resultados relativos ao quarto evento pluviométrico analisado. Neste evento os telhados verdes apresentaram 71% de eficiência na redução do volume de água escoada e retardou em 17 minutos o escoamento.

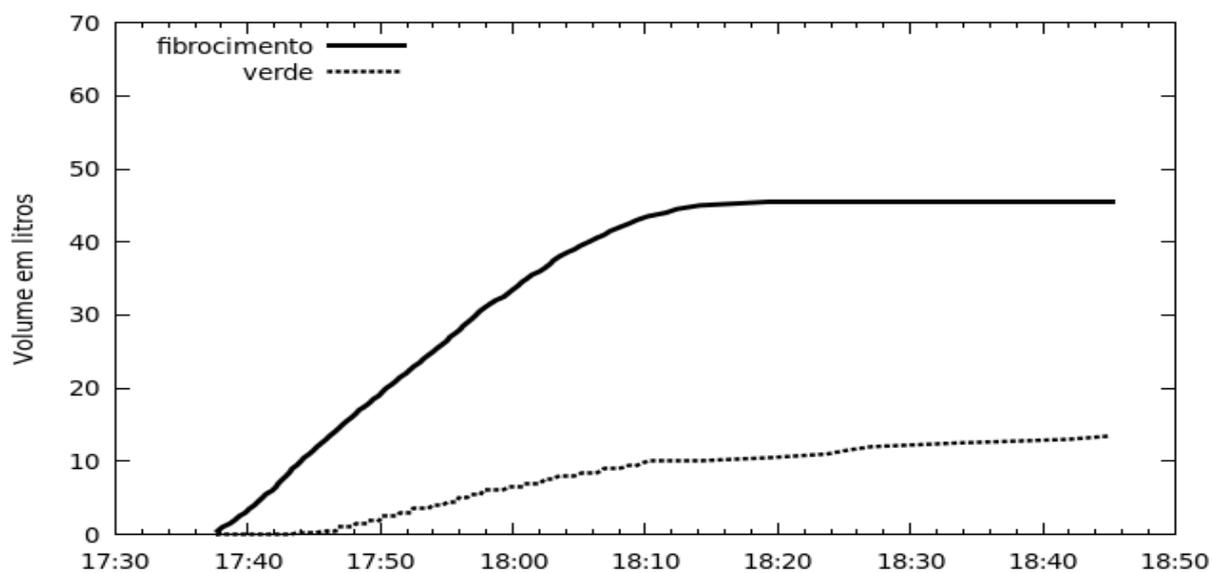


Figura 9 – Evolução temporal do quarto evento pluviométrico analisado.

Na Figura 10 apresenta-se o quinto evento pluviométrico analisado, evento este em que o substrato dos módulos de telhado verde se encontrava com aspecto saturado devido à chuva do dia anterior. Mesmo assim ainda reduziu em 7,5 litros de precipitação acumulada em relação ao telhado convencional em um evento de 1 hora e 7 minutos de duração, além de um atraso significativo no início do escoamento no telhado verde.

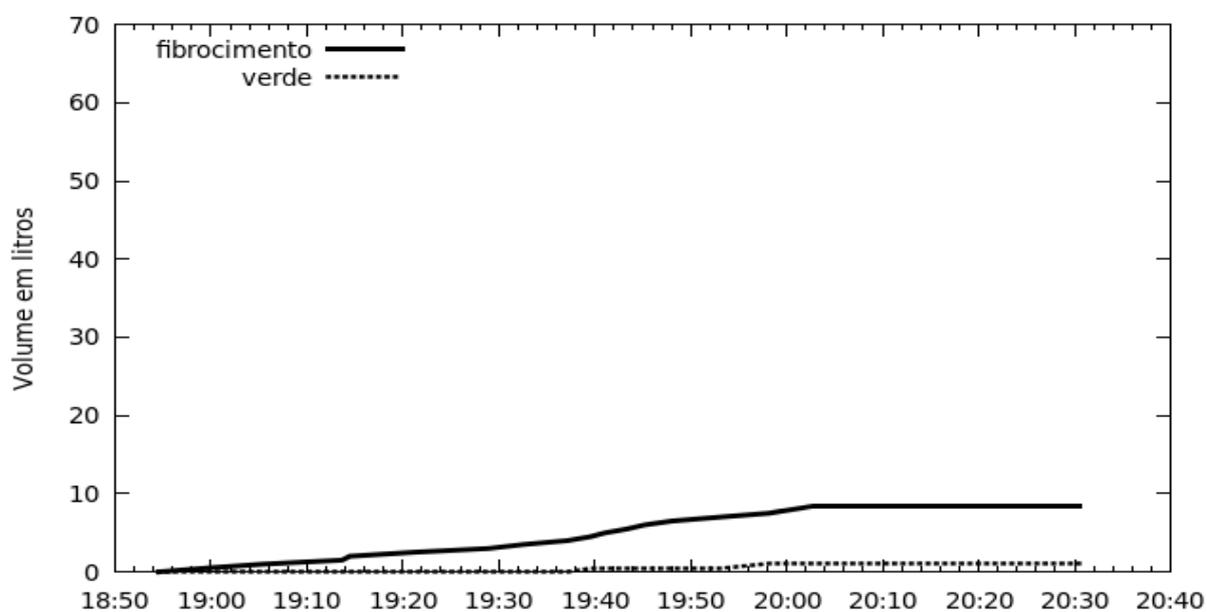


Figura 10 Evolução temporal do quinto evento pluviométrico analisado.

5.3 ANÁLISES DE PARÂMETROS FÍSICOS E MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

No dia 08 de dezembro de 2014, após a chuva analisada, foram retiradas amostras de água dos reservatórios de armazenamento dos dois protótipos e encaminhadas ao laboratório Santa Rita para a realização de análises de qualidade da água. Os resultados quanto ao pH, cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais estão demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Os resultados quanto ao pH, cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais no telhados verde e convencional

Tipo de Análise	Resultado TF	Resultado TV
pH	7,54	7,77
Cor	Inferior a 1,0 Hz	106,6 Hz
Turbidez	0,07 N.T.U	0,42 N.T.U
Condutividade Elétrica	71,7 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	196,8 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Sólidos totais	44,0 mg. L ⁻¹	120,0 mg.L ⁻¹

Para a corroboração dos resultados encontrados podemos utilizar a norma ABNT – NBR 15527 (2007) sobre o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para a coleta de água de chuvas para fins não potáveis. Esta norma fornece bases para a restrição do uso não potável da água. Os resultados encontrados de cor, turbidez e pH atendem os requisitos da norma, podendo, tanto no telhado verde como no de fibrocimento, a água ser utilizada domesticamente para fins não potáveis.

Analisando também os dois resultados da qualidade de água reservada nos protótipos de TV e TF, pode-se dizer que, quando comparados com os padrões da Resolução CONAMA 357 de março de 2015, podem ser classificadas como águas doces - Classe I. Esta é considerada classe especial, podendo ser utilizada para o consumo humano com desinfecção, pode ser utilizada também para a proteção de comunidades aquáticas e recreação de contato primário como natação e mergulho, bem como a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e irrigação de frutas.

No dia 14 de janeiro de 2015 foram levados também ao laboratório Santa Rita amostras de água dos reservatórios dos telhados verdes e telhado convencional de fibrocimento. Na análise microbiológica os resultados também foram satisfatórios, pois também caracterizam a água dos telhados verde e fibrocimento como Classe especial I da CONAMA 357. Os resultados, apresentados na Tabela 7, mostraram níveis relativamente baixos para coliformes totais e termotolerantes.

Tabela 7 - Análise de parâmetros microbiológicos da água do TV e TF

Tipo de Análise	Resultado TF	Resultado TV
Coliformes Totais	Ausente	4,6 NMP/100ml
Coliformes Termotolerantes	Ausente	Ausentes

De acordo com Silva *et al.* (2006) o grupo coliforme abrange as espécies de bactérias que podem ser encontradas no trato intestinal de humanos e animais de sangue quente, bem como no solo, podendo ser classificadas em coliformes totais e fecais, também denominados termotolerantes.

Porém, para atender a norma NBR 15527 (2007) em análises semestrais, os valores de coliformes termotolerantes devem estar ausentes em 100 mL. Portanto, no telhado verde, os padrões microbiológicos não atenderam a norma para a utilização da água em usos mais restritivos não potáveis.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível concluir sobre a eficiência em atrasar o escoamento da água, tanto que para uma chuva curta de grande volume sequer houve escoamento no telhado verde. Nas demais chuvas, mesmo com aspecto do substrato úmido ou saturado, o atraso no escoamento também foi observado, sendo este em média de 24 minutos considerando os eventos pluviométricos analisados em que houve escoamento no telhado verde. Notou-se também no estudo que o escoamento nos telhados verdes permanece por alguns minutos mesmo após o fim da chuva e do escoamento dos telhados convencionais de fibrocimento, vindo este a ser reduzido de forma gradativa após o término do evento pluviométrico.

Também foram satisfatórios os resultados encontrados para a diferença entre o volume de água de chuva escoada pelos dois tipos de telhado. Resultados estes que levam a considerar, assim como outros autores em estudos similares, que os telhados verdes podem ser uma alternativa funcional para cidades que sofrem com problemas de inundações nos meses de verão.

Mas se a intenção for armazenamento de grandes volumes de água da chuva, os telhados convencionais de fibrocimento se mostram mais viáveis uma vez que o telhado verde acaba retendo e diminuindo a quantidade de água em relação ao telhado de fibrocimento.

Embora a norma NBR 15527 de 2007 tenha sido atendida nos quesitos turbidez, cor e pH para o telhado verde, foram encontrados valores baixos de coliformes totais quando deveriam estar ausentes.

Já no telhado de fibrocimento, foram ausentes nas amostras colhidas os coliformes termotolerantes e totais. As amostras também atenderam os requisitos de cor, turbidez e pH analisados neste estudo, perante a NBR 15527 de 2007 supracitada. Portanto, a água armazenada neste sistema pode ser utilizada para fins não potáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527: **Água de chuva - Aproveitamento de água de chuva em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos**. Rio de Janeiro, 2007

BACOVIS, T. M.; NAGALLI. **Avaliação do desempenho hidrológico de protótipo de telhado verde extensivo**. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais PUC-PR v. 11, Supl. 1, p. S35-S42, 2013

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. **Uso de telhados verdes no controle qualitativo do escoamento superficial urbano**. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS. Agosto, 2008

CONAMA, **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis**. ANAIS: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – ELECS. São Paulo. 2007.

GOMES, A. D. N.; BALBINO, E.; RIQUEIRA, L. T.; APARECIDO, M. **Uma breve análise sobre a eficiência do telhado verde como alternativa ecológica para as construções civis**. Universidade do Grande ABC, curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. Santo André, 2011.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura verde**. Monografia apresentada ao curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte-MG, 2008. 48p

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 22 de janeiro de 2014.

MAACK, R. **Geografia Física do Estão do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial do Paraná. 2002, 438 p.

OLIVEIRA, E. N.; SILVA, L. P.; MARY, W. **Telhados verdes em habitações de interesse social e retenção das águas pluviais para a drenagem urbana sustentável.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande – MS, Novembro, 2009

PERSH, C. G.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; WOLFF, D. **Avaliação do comportamento de um telhado verde sob condições climáticas subtropicais.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, 2011.

ROSSATO, L. **Estimativa de capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil.** São José dos Campos, INPE- Instituto Nacional de Pesquisas espaciais Dissertação de Mestrado em Meteorologia, 145p., 2002

SANTOS, P. T. da S.; SANTOS, S. M. dos; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA, G. S. S. de; ANTONINO, A. C. D. **Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-174, jan./mar. 2013.

SAVI, A. C. **Telhados verdes: Análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura.** Monografia de especialização, Curso de Especialização em Construções Sustentáveis II. UTFPR, Curitiba 2012

SILVA, N. C. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental.** Monografia de especialização. Curso de especialização em construção civil, Escola de engenharia, UFMG. Belo Horizonte, Agosto, 2011 60p

SILVA, M. P., CAVALLI, D. R., OLIVEIRA, T. C. R. M. **Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e petrifilm EC na detecção de coliformes totais e Escherichia coli em Alimentos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 26, n. 2, p. 352-359, 2006.

SOUSA, C.; SANTANA, M. **O processo construtivo das Coberturas Verdes e Suas principais características.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Católica do Salvador. Maio 2009.

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

APÊNDICE A**Tabela 8 - Dados relativos ao 1º evento pluviométrico de 08/12/2014**

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
14:38:16		
14:40:22	0,5	
14:42:12	1	
14:44:33	1,5	
14:47:54	2	
14:49:21	2,5	
14:52:45	3	
14:54:21	3,5	
14:56:52	4	
14:58:26	4,5	
15:03:18	5	
15:06:53	5,5	
15:10:09	6	
15:14:41	6,5	
15:18:41	7	
15:20:43	7,5	
15:26:06	8	0,15
15:30:33	8,5	0,3
15:50:23	9	0,34
15:57:16		0,34
16:14:37		0,5

Tabela 9 - Dados relativos ao 2º evento pluviométrico de 21/12/2014

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
18:02:14		
18:03:31	0,5	0
18:04:13	1	0
18:04:43	1,5	0
18:05:18	2	0
18:05:48	2,5	0
18:06:14	3	0
18:06:41	3,5	0
18:07:21	4	0
18:07:52	4,5	0
18:08:19	5	0
18:08:31	5,5	0
18:08:50	6	0
18:09:13	6,5	0
18:09:35	7	0
18:09:52	7,5	0
18:10:18	8	0
18:10:42	8,5	0
18:11:09	9	0
18:11:33	9,5	0
18:12:14	10	0
18:12:49	10,5	0
18:13:31	11	0
18:14:39	11,5	0
18:14:58	12	0
18:15:12	12,5	0
18:15:29	13	0
18:15:51	13,5	0
18:16:11	14	0
18:16:23	14,5	0
18:16:47	15	0
18:17:03	16	0
18:17:18	16,5	0
18:17:48	17	0
18:18:21	17,5	0

Tabela 10 - Dados relativos ao 3ª evento pluviométrico de 22/12/2014

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
08:59:51		
09:01:14	0,5	
09:08:02	1	
09:14:31	1,5	
09:20:36	2	
09:24:14	2,5	0,25
09:27:32	3	0,35
09:28:01	3,5	0,4
09:30:16	4	0,5
09:31:11	4,5	0,5
09:32:34	5	1
09:33:29	5,5	1
09:36:44	6	1,5
09:38:10	6,5	1,5
09:39:58	7	2
09:41:27	7,5	2
09:42:31	8	2
09:43:52	8,5	2,5
09:45:04	9	2,5
09:48:02	9,5	3
09:49:21	10	3
09:50:24	10,5	3,5
09:52:13	11	3,5
09:54:06	11,5	4
09:55:04	12	4,5
09:58:08	12,5	4,5
10:00:21	13	5
10:01:41	13,5	5
10:02:33	14	5,5
10:05:12	14,5	6
10:06:25	15	6
10:09:47	15,5	6,5
10:12:22	16	7
10:15:53	16,25	7
10:18:01	16,5	7,5
10:20:27	17	7,5
10:23:12	17,5	7,5
10:25:23	18	8
10:29:49	18,5	8
10:31:22	19	8,5
10:38:44	19,25	9
10:44:42	19,5	9,5
10:45:46	20	10
10:47:40	20,5	10
10:48:14	21	10
10:49:00	21,5	10
10:49:46	22	10

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
10:51:24	22,5	10
10:52:14	23	10
10:54:16	23,5	10,5
10:56:02	24	10,5
10:59:05	24,5	11
11:03:27	25	11
11:05:10	25,25	11,5
11:14:18	25,5	12
11:21:12	26	12
11:34:16	26,5	12
11:35:02	27	12
11:35:44	27,5	12
11:36:03	28	12
11:36:37	28,5	12
11:37:00	29	12
11:37:29	30	12
11:38:34	30,5	12
11:38:59	31	12
11:39:21	31,5	12,5
11:39:56	32	12,5
11:41:22	32,5	13
11:42:49	33	13
11:43:59	33,5	13,5
11:45:40	34	13,5
11:46:40	34,5	14
11:47:40	35	14
11:48:34	35,5	14,5
11:50:03	36	14,5
11:50:52	36,6	15
11:51:50	37	15
11:52:13	37,5	15
11:53:43	38	15,5
11:55:15	38,5	15,5
11:56:02	39	15,5
12:00:39	39,5	15,5
12:01:19	40	16
12:02:02	40,5	16
12:03:26	41	16
12:04:32	41,5	16
12:05:40	42	16,5
12:06:16	42,5	16,5
12:06:50	43	16,5
12:07:21	43,5	16,5
12:07:58	44	16,5
12:08:22	44,5	16,5
12:08:59	45	17

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
12:10:07	46	17,5
12:10:41	46,5	17,5
12:11:11	47	17,5
12:11:49	47,5	18
12:12:11	48	18
12:13:59	48,5	18
12:14:40	49	18,5
12:15:08	49,5	18,5
12:15:00	50	18,5
12:16:00	50,5	19
12:16:45	51	19
12:17:00	51,5	19
12:18:03	52	19
12:18:54	52,5	19,5
12:19:22	53	19,5
12:20:16	53,5	19,5
12:21:05	54	20
12:22:13	54,5	20,5
12:23:37	55	21
12:25:09	55,5	21,5
12:27:14	56	22
12:28:29	56,5	22
12:29:04	57	22,5
12:29:50	57,5	23
12:31:05	58	23
12:32:59	58,5	23
12:34:09	59	23,5
12:38:46	59,5	24
12:42:12	60	24,5
12:44:50	60,5	25
12:45:43	61	25,5
12:46:02	61,5	26
12:50:30	62	26,5
12:52:00	62,5	26,5
12:55:05	63	27
13:01:31	63,5	27
13:06:06	64	27
13:09:29	64,5	27,5
13:11:11	65	28
13:16:09	65,5	28,5
13:18:56		29
13:19:44		29
13:20:19		29
13:21:37		29
13:21:18		29
13:22:00		29

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
13:24:04		29
13:25:00		29,5

Tabela 11 - Dados relativos ao 4º evento pluviométrico de 08/01/2015

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
17:37:44	0,5	
17:38:03	1	
17:38:39	1,5	
17:39:02	2	
17:39:21	2,5	
17:39:49	3	
17:40:06	3,5	
17:40:29	4	
17:40:46	4,5	
17:41:04	5	
17:41:21	5,5	
17:41:50	6	
17:42:07	6,5	
17:42:18	7	
17:42:35	7,5	
17:42:53	8	
17:43:09	8,5	
17:43:20	9	
17:43:43	9,5	0,25
17:43:59	10	0,25
17:44:14	10,5	0,25
17:44:38	11	0,25
17:44:57	11,5	0,25
17:45:13	12	0,25
17:45:33	12,5	0,5
17:45:54	13	0,5
17:46:11	13,5	0,5
17:46:32	14	0,5
17:46:51	14,5	1
17:47:08	15	1
17:47:27	15,5	1
17:47:49	16	1
17:48:08	16,5	1,5
17:48:23	17	1,5
17:48:49	17,5	1,5
17:49:11	18	2
17:49:28	18,5	2
17:49:54	19	2
17:50:09	19,5	2,5
17:50:26	20	2,5
17:50:51	20,5	2,5
17:51:11	21	2,5
17:51:29	21,5	3
17:51:55	22	3
17:52:13	22,5	3
17:52:32	23	3,5
17:52:58	23,5	3,5

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
17:53:15	24	3,5
17:53:36	24,5	3,5
17:53:59	25	4
17:54:18	25,5	4
17:54:41	26	4
17:55:02	26,5	4,5
17:55:15	27	4,5
17:55:39	27,5	4,5
17:56:00	28	5
17:56:14	28,5	5
17:56:35	29	5
17:56:55	29,5	5,5
17:57:13	30	5,5
17:57:29	30,5	5,5
17:57:51	31	6
17:58:15	31,5	6
17:58:41	32	6
17:59:19	32,5	6
17:59:40	33	6,5
18:00:00	33,5	6,5
18:00:23	34	6,5
18:00:40	34,5	6,5
18:01:04	35	7
18:01:26	35,5	7
18:02:03	36	7
18:02:28	36,5	7,5
18:02:49	37	7,5
18:03:05	37,5	7,5
18:03:30	38	8
18:04:02	38,5	8
18:04:39	39	8
18:05:07	39,5	8,5
18:05:44	40	8,5
18:06:16	40,5	8,5
18:06:55	41	9
18:07:21	41,5	9
18:08:03	42	9
18:08:45	42,5	9,5
18:09:22	43	9,5
18:10:11	43,5	10
18:11:33	44	10
18:12:22	44,5	10
18:14:07	45	10
18:19:21	45,5	10,5
18:23:42		11
18:25:11		11,5

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
18:27:02		12
18:33:25		12,5
18:41:52		13
18:45:17		13,5

Tabela 12 - Dados relativos ao 5º evento pluviométrico de 08/01/2015

Tempo	Volume acumulado fibrocimento	Volume acumulado telhado verde
18:54:33		
18:59:44	0,5	
19:05:29	1	
19:13:39	1,5	
19:14:29	2	
19:21:05	2,5	
19:28:58	3	
19:32:33	3,5	
19:37:11	4	0
19:39:32	4,5	0,5
19:41:07	5	0,5
19:43:25	5,5	0,5
19:45:11	6	0,5
19:48:00	6,5	0,5
19:52:59	7	0,5
19:58:11	7,5	1
20:02:41	8,5	1
20:30:33		1