

# Análise do telhado verde para redução do escoamento e captação de água para fins não potáveis

*Green roof analysis for reducing drainage and water collection for non-potable purposes*



**Jéssica Nayara Martins**

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: [jessicamartins@unipam.edu](mailto:jessicamartins@unipam.edu).

**Lorena Cássia Gontijo dos Reis**

Graduanda do curso de Engenharia Civil (UNIPAM). e-mail: [lorena.tiros09@hotmail.com](mailto:lorena.tiros09@hotmail.com)

**Nancy Tiemi Isewaki**

Professora orientadora (UNIPAM). e-mail: [nancyti@unipam.edu.br](mailto:nancyti@unipam.edu.br)

---

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo analisar e calcular o escoamento do telhado verde, comparando-o com o telhado convencional, e assim avaliar se a cobertura verde contribui para a diminuição do impacto ambiental causado pelas chuvas. Além disso, mostrar como essa água escoada pode ser usada para fins não potáveis. Os ensaios para aferir a umidade do solo e a sua granulometria foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram desenvolvidos dois protótipos de 1,0mx1,0m, sendo um de telhado verde e outro convencional. Os ensaios de escoamento foram realizados em uma residência de Patos de Minas-MG, os quais foram expostos em ocorrência de chuvas reais. A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto o convencional apresentou 82,41%. É possível concluir que o telhado verde se mostra uma boa opção para diminuir enchentes e também custos com drenagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telhado verde. Escoamento. Ensaios.

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to analyze and calculate the green roof runoff comparing it with the conventional roof, and this way to evaluate if the green cover contributes to the reduction of the environmental impact caused by the rains. Another objective was to show how this drained water can be used for non-potable purposes. The tests to assess soil moisture and granulometry were performed at the Materials Technology Laboratory of the Civil Engineering Course at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM). Two prototypes of 1.0mx1.0m were developed, one of green roof and one of conventional roof. The runoff tests were performed at a residence in Patos de Minas-MG, being exposed to the occurrence of real rains. The green cover showed an average flow of

26.94% while the conventional one presented 82.41%. It is possible to conclude that the green roof is a good option to reduce floods and also costs with drainage.

**KEYWORDS:** Green Roof. Flow. Essay.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o começo da história existem registros que comprovam que os povos faziam suas habitações próximas a corpos d'água, devido à necessidade de utilizar a água para sua sobrevivência. Mas nem sempre era possível morar nas proximidades dos rios, então, eles criaram alternativas para armazenar a água das chuvas (FABER, 2011).

De acordo com a *Revista de Estudos Ambientais* (2012), no Brasil, com a Revolução Industrial na década de 70, houve uma grande concentração da população nas cidades, e com isso, surgiram os problemas com falta de água. A demanda pela água cresceu, assim como os problemas de infraestrutura.

Atualmente a sociedade vem sofrendo com os intensos períodos de chuva e, ao mesmo tempo, com a falta dela. Isso devido ao aquecimento global que está modificando o clima, e conseqüentemente, as estações do ano. As enchentes têm sido problemas frequentes ocasionados pela falta de planejamento urbano, dificultando a drenagem pluvial.

“A urbanização provoca uma redução na cobertura vegetal, modificando o ciclo hidrológico, além de interferir na permeabilidade, devido ao grande número de casas e construções” (*Revista Atitude*, 2010, p. 76). Problemas como as enchentes, por exemplo, são comuns no período das chuvas, consequência do grande volume escoado sem local para infiltrar.

Pensando na sustentabilidade, muitas tecnologias vêm sendo criadas para amenizar esses transtornos. Conforme Castro e Goldenfum (2010), uma delas é o telhado verde, que a princípio era usado apenas como estética, mas contribui para a diminuição do escoamento superficial da água das chuvas, para a redução da temperatura e para a melhora da qualidade do ar, além de proporcionar uma vista mais agradável do espaço.

Nesse sentido, este trabalho aborda a importância de se criar mecanismos para reduzir o escoamento da água e dar um fim adequado a ela. Com o objetivo de examinar a eficiência na redução do escoamento e captação de água para fins não potáveis, comparou-se o telhado verde com o telhado convencional. Os objetivos específicos foram os seguintes: aferir os resultados de volumes escoados para análises posteriores; averiguar a efetividade do telhado verde no controle do escoamento pluvial; e definir propostas para utilização dessa água captada.

A parte prática da pesquisa foi feita por meio de ensaios com protótipos desenvolvidos pelas autoras. Os dois tipos de telhados foram submetidos às chu-

vas reais e tiveram dados coletados para avaliação dos escoamentos. Ao final definiram-se propostas para utilização dessa água.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

“A água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade” (GOMES, 2011, p. 1).

O mundo hoje é muito populoso, e por mais que tenhamos desenvolvido sistemas de abastecimento e de transporte de água, muitas pessoas ainda não têm a disponibilidade de água potável encanada em casa, por causa das regiões que são habitadas, mas são de difícil acesso e distantes de rios e áreas de abastecimento, ou mesmo por falta de um bom sistema de tratamento.

O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água. Tem a maior reserva de água doce do Planeta, ou seja, 12% do total mundial. Sua distribuição, porém, não é uniforme em todo o território nacional. A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do mundo. O volume d'água do rio Amazonas é o maior do globo, sendo considerado um rio essencial para o planeta. O maior problema de escassez é no Nordeste, onde a falta d'água por longos períodos tem contribuído para o abandono das terras e para a migração aos centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro, agravando ainda mais o problema da escassez de água nestas cidades (GOMES, 2011, p. 3).

Segundo a *Civilização Engenheira* (2016), a superpopulação nos centros urbanos desenvolveu-se sob a cultura da impermeabilização, o que prejudica bastante, pois a água fica sem local de escoamento. É preciso recuperar a capacidade de infiltração e retenção de águas pluviais em toda a área urbanizada, e uma alternativa para esse problema seriam os reservatórios domésticos e empresariais, assim como a ampliação de áreas verdes nas cidades.

Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana, sendo que a drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações às quais a sociedade está sujeita (CARDOSO NETO, 2016, p. 1).

De acordo com uma pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui 5.507 municípios, sendo que somente 4.313 municípios possuem ruas pavimentadas no perímetro urbano, e dessas ruas pavimentadas encontram-se dois tipos de sistemas de drenagem urbana, sendo que 3.470

municípios têm drenagem superficial e 3.678 municípios têm drenagem subterrânea. Um mesmo município pode apresentar mais de um tipo de sistema de drenagem urbana.

Mas por falta de planejamento e projetos de drenagem eficientes, o Brasil já passou por vários episódios de calamidade. Ribeiro (2014), em seus estudos sobre os desastres ambientais, aponta uma catástrofe que marcou a história e ficou conhecida internacionalmente como o fenômeno HECATOMBE, ocorrido em março de 1967, na cidade de Caraguatatuba, que fica no litoral norte do estado de São Paulo.

A cobertura verde seria uma boa opção para evitar esses desastres, além de contribuir para a redução de temperatura. “A utilização em larga escala dos telhados verdes poderia reduzir 1° C ou 2° C a temperatura nas grandes cidades”, relata Spangenberg (*apud* TECHNE, 2009a, p. 1), em sua pesquisa aplicada no Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Spangenberg (2009) acrescenta que [...] “o cálculo depende da direção e intensidade do vento, entre outros fatores. Mas essa redução já é suficiente para impactar na qualidade de vida da população e das pessoas que habitam esses ambientes[...]” (*apud* TECHNE, 2009a, p.1).

Segundo Boni (2015), o telhado verde necessita de manutenção para manter sua estrutura saudável e com boa aparência. No início, o custo é alto, porém traz benefícios ao longo dos anos. Dificilmente uma solução comum duraria mais de 20 anos sem manutenção, já a cobertura verde, apesar da manutenção, pode durar o dobro, além de proteger a laje.

Existem várias possibilidades de aproveitamento das águas pluviais, inclusive com normatização, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 15527 (2009), que diz respeito à água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis. Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a qual pode ser utilizada após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d’água e usos industriais.

Santos (2012) afirma que os dispositivos de acumulação de águas da chuva são medidas não estruturais de combate às enchentes pelo grande volume que podem reter e pelos resultados rápidos que proporcionam, isto é, esses reservatórios aumentam muito a capacidade de retenção das águas pluviais no momento de pico de um episódio pluviométrico com potencial para causar inundações.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS

O projeto foi desenvolvido por meio de uma pesquisa experimental. Gressler (2004, p. 59) afirma que esse tipo de pesquisa tem como objetivo

[...] investigar uma possível relação de causa e efeito por meio da exposição de um ou mais grupos em uma ou mais condições de tratamento e comparar os resultados [...]. Uma das características da pesquisa experimental é o rigoroso controle e manipulação das variáveis experimentais.

Os experimentos com o solo foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil, no Centro Universitário de Patos de Minas; já os protótipos e ensaios foram executados na residência de uma das autoras.

Foram construídos dois protótipos, sendo um para a cobertura verde e outro convencional. O telhado verde foi composto com manta asfáltica e manta geotêxtil para vedação, seguida da argila expandida, do substrato levemente compactado manualmente e, por fim, dos tapetes de grama esmeralda, como mostra a Figura 1. Já o telhado tradicional foi feito seguindo os padrões normais, com ripas, caibros e telhas de cerâmica.

FIGURA 1. Foto A – Inserindo manta geotêxtil; Foto B – Camada de argila expandida; Foto C – Substrato; Foto D – Grama Esmeralda



Fonte: das autoras, 2018



A Figura 2 demonstra os protótipos sendo desenvolvidos, com área de 1m<sup>2</sup>, altura de um lado de 1m e do outro lado 1,30m, inclinação de 30% e caimento lateral de 3%. O simulador de chuvas se encontrava em desuso, e não foi possível a sua utilização. Dessa forma o método usado foi a ocorrência real de precipitação. E a Figura 3 expõe os telhados prontos.

FIGURA 2. Protótipo do telhado verde (esquerda) e telhado convencional (direita)



Fonte: das autoras, 2018

FIGURA 3. Protótipos prontos



Fonte: das autoras, 2018

Para o telhado verde optou-se por um ralo acoplado ao fundo da estrutura, com uma saída de tubulação de PVC direcionada ao reservatório (balde) com capacidade 13,6 litros. O telhado convencional possui um sistema de drenagem feito de tubo de PVC de 100 mm cortado, vedado com cap 100mm em uma das saídas e com redução para tubulação de 32 mm na outra, que encaminhará a água para o reservatório de 20 litros.

### 3.2. ENSAIOS DO SOLO

O solo usado foi coletado da construção do Centro de Convenções e Eventos de UNIPAM (CCE), através dos procedimentos exigidos pela ABNT NBR 9604 (2016). O solo já se encontrava bem úmido, devido ao período chuvoso do mês de janeiro. O ensaio de granulometria do solo foi realizado seguindo os procedimentos da ABNT NBR 6457 (2016) para a preparação do solo, e a ABNT NBR 7181 (2016), para análise granulométrica.

FIGURA 4. Solo após a lavagem



Fonte: das autoras, 2018.

**Figura 1.** Peneiramento fino (esquerda) e peneiramento grosso (direita)



**Fonte:** das autoras, 2018

### 3.3. ENSAIOS COM OS PROTÓTIPOS

Antes de cada ensaio com os protótipos, uma amostra do solo foi retirada e levada ao Laboratório de Tecnologia dos Materiais do curso de Engenharia Civil, no Centro Universitário de Patos de Minas, para aferir a umidade, de acordo com a ABNT NBR 6457 (2016). Outra amostra foi removida uma hora após o experimento, para se analisar a nova umidade e comprovar a saturação do solo.

**FIGURA 6.** Verificação de umidade



**Fonte:** das autoras, 2018

Os testes com os protótipos foram executados durante os meses de janeiro e fevereiro de 2018, ao longo das precipitações ocorridas nos dias 25/01, 30/01 e 03/02. Os tempos de ensaio foram de 10, 20 e 30 minutos, e os dois protótipos foram ensaiados no mesmo horário.



FIGURA 7. Ensaios



Fonte: das autoras, 2018

Após a realização dos ensaios, foram feitos os cálculos para determinar se o telhado verde é recomendado para reduzir o escoamento e captar água para fins não potáveis. O método da estufa auxiliou na determinação da umidade do solo, pois é preciso saber quanto de água ficou retido no solo.

FIGURA 8. Retirada de solo para aferir a umidade inicial (antes das chuvas)



Fonte: das autoras, 2018

Para cada procedimento foram coletadas cinco amostras para o teor de umidade inicial, e cinco amostras para o teor de umidade final, de forma que o valor do teor de umidade considerado foi a média dos cinco valores determinados. Os coletores utilizados são copos descartáveis de 200ml, e estes foram dispostos sobre os telhados de forma aleatória. Na cobertura verde eles foram encaixados no solo, e na estrutura convencional eles, foram presos com fita adesiva, devido ao vento.

Sabendo que o volume de cada coletor é 200ml, a altura da água foi medida e anotada, e com regra de três simples, foram encontrados os volumes. A lâmina foi obtida pela divisão do volume e pela área do coletor, que é 0,001256m<sup>2</sup>, calculada pelo diâmetro do coletor, e usada para determinar o volume recebido. Já a intensidade foi alcançada dividindo-se a altura da água pelo tempo de ensaio. O volume escoado é determinado pelo volume recebido menos o volume retido.

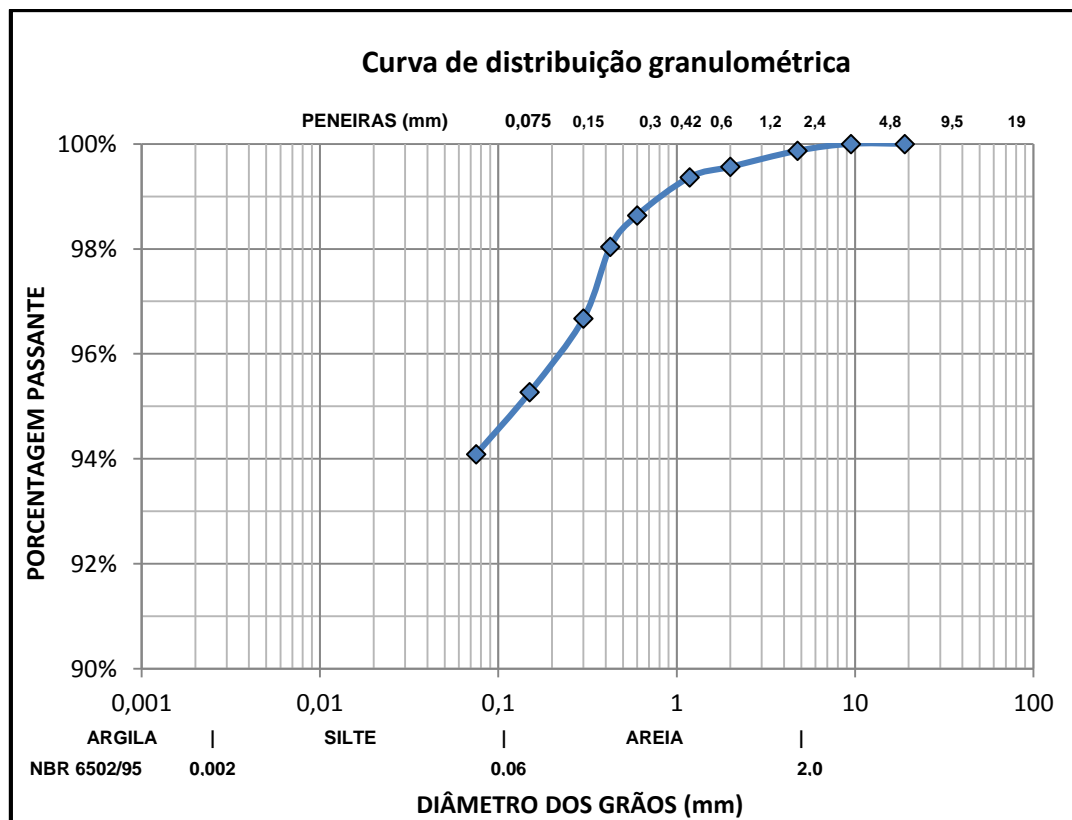
Para descobrir o volume recebido, foi utilizada a média dos coletores. Em seguida poderão ser feitos os cálculos para definir a altura da lâmina de água, calculada por meio do volume do coletor dividido pela área do mesmo. Usando essa lâmina e o tempo de ensaio, determina-se a intensidade. O volume escoado será designado através do volume recebido menos o volume retido. Os procedimentos de cálculo foram desenvolvidos conforme Silva (2014).

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Com os resultados do peneiramento é possível gerar a curva granulométrica do solo, que se encontra abaixo:

FIGURA 9. Curva granulométrica



Fonte: das autoras, 2018.

Pela análise tátil visual o solo poderia ser classificado como um silte, pois apresenta uma coloração marrom e partículas muito finas. Pelos resultados dos ensaios em laboratório, é possível concluir, através da curva granulométrica, que apenas 0,44% do solo é classificado como pedregulho, 5,47 % é areia e 94,09% é de solo fino, silte e argila.

A permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento pelos vazios existentes nele (CAPUTO,1996). A água livre escoar entre os grãos: se esta estiver sujeita a um potencial hidráulico, haverá o fenômeno do escoamento da água através do solo (VARGAS, 1977, p. 109). Sendo assim, quanto menor o índice de vazios, menor a permeabilidade. O solo ensaiado é fino, ou seja, sua permeabilidade é baixa.

#### 4.2. EXPERIMENTOS COM OS PROTÓTIPOS

Analisando o telhado verde, com o experimento 1, realizado no dia 25/01, e o tempo de ensaio de 10 minutos, obteve-se uma umidade de 36,72% antes do ensaio e 41,53% depois do mesmo. O experimento 2 foi realizado no dia 30/01 com tempo de ensaio de 20 minutos. A umidade encontrada antes foi de 37,67% e a umidade depois foi de 42,46%. O experimento 3 foi realizado no dia 03/02, com duração de 20 minutos. Obteve-se uma umidade de 37,72% antes do ensaio e 42,23% depois do mesmo. Dados observados na Tabela 1.

TABELA 1. Umidade da cobertura verde

Umidade do Solo				
Hora inicial	Hora final	Experimento	Inicial (%)	Final (%)
22:00	22:10	1	36,72	41,53
16:25	16:45	2	37,67	42,46
19:20	19:50	3	37,72	42,23

Fonte: das autoras, 2018

A variação dos teores de umidade foi bem baixa, porém, como já citado na metodologia, o solo já se encontrava bem úmido e foi levemente compactado, diminuindo o índice de vazios. Sendo assim, as precipitações ocorridas apenas preencheram os poucos vazios que ainda restavam, saturando o solo.

Os dados obtidos nos ensaios de umidade comprovam o estado de saturação do solo, ambos os experimentos apresentaram aproximadamente 42% de umidade uma hora após cada evento de precipitação. Mesmo que o tempo e a intensidade de cada evento tenham sido diferentes, a umidade manteve-se na mesma média de 42%.

TABELA 2. Resultados do telhado verde

1º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	2	5	3,98	12
II	1,5	3,75	2,99	9
III	2	5	3,98	12
IV	1,5	3,75	2,99	9
<b>Média</b>			3,48	10,5
2º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	8	20	15,92	24
II	8	20	15,92	24
III	7,5	18,75	14,93	22,5
IV	8,5	21,25	16,92	25,5
<b>Média</b>			15,92	24
3º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	7	17,5	13,93	14
II	5,5	13,75	10,95	11
III	5	12,5	9,95	10
IV	6	15	11,94	12
<b>Média</b>			11,69	11,75

Fonte: Das autoras, 2018.

O telhado convencional apresentou os seguintes resultados:

Tabela 3. Resultados do telhado convencional

1º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	2	5	3,98	12
II	1,5	3,75	2,99	9
III	2	5	3,98	12
IV	2	5	3,98	12
<b>Média</b>			3,73	11,25
2º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	9	22,5	17,91	27
II	10	25	19,90	30
III	8	20	15,92	24
IV	8	20	15,92	24
<b>Média</b>			17,42	26,25



3º exp.	Altura de água (mm)	Volume (ml)	Lâmina (mm)	Intensidade (mm/h)
I	6	15	11,94	12
II	5	12,5	9,95	10
III	5,5	13,75	10,95	11
IV	6	15	11,94	12
		<b>Média</b>	11,20	11,25

**Fonte:** das autoras, 2018

Foram analisados três eventos de chuva, em um trecho de 15 dias. No dia 25/01/2018, foi realizado o primeiro experimento, em que a previsão do tempo marcava 11 mm de chuva, de acordo com o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018). O ensaio durou apenas 10 min, o que permitiu o armazenamento de 0,70l no telhado verde e 2,94l no telhado convencional. O telhado verde apresentou escoamento já no primeiro ensaio pelo fato de o solo já se encontrar bem úmido. As intensidades encontradas foram de 10,5mm/h para a cobertura verde e 11,25mm/h na estrutura convencional.

O segundo ensaio foi no dia 30/01/2018, havendo um prazo de cinco dias do primeiro a esse segundo ensaio. Não foi possível realizar o ensaio nesses dias pulados, porque a chuva nos dois dias seguintes ao do primeiro escoamento foi bem fraca, quase que imperceptível, o que não gerou escoamento, somente umidificou a parte superficial dos dois telhados. Os dias seguintes, antecedentes ao ensaio, tiveram ausência de chuva.

Neste dia mencionado, o telhado verde armazenou 3,28l e o convencional, 14,70l, no prazo de 20 minutos. Marcou-se nesse dia uma precipitação de 28mm, de acordo com o INPE (2018), sendo uma chuva bem intensa, porém rápida. As intensidades encontradas foram de 24mm/h para a cobertura verde e 26,25mm/h na estrutura convencional.

O último ensaio foi realizado no dia 03/02/18, no qual foram armazenados 4,69l no telhado verde e 9,41l no telhado convencional, sendo um ensaio mais demorado, de 30 min, compreendido em uma precipitação de 10 mm naquele dia, de acordo com o INPE (2018). O telhado verde apresentou uma intensidade de 11,75mm/h, enquanto o telhado convencional apresentou 11,25mm/h.

Percebeu-se que no dia com maior precipitação e um tempo de ensaio considerável, era esperado que o escoamento fosse o de maior quantidade, mas no dia em questão, mesmo com a chuva forte, houve muita ventania, o que não deixava a chuva cair pontualmente no telhado. Percebeu-se também que a disposição dos telhados influenciou na hora do escoamento, em todos os ensaios, pois isso dependia do sentido que descia a chuva: às vezes caía mais em um telhado que no outro. Outro ponto foi que o solo no telhado verde nunca esteve totalmente seco, o que poderia dar diferença nos valores encontrados.

**Tabela 4.** Umidade da cobertura verde

Telhado	Ensaio	Volume Recebido (l)	Volume Escoado (l)	Volume Retido (l)	% Escoada	% Retida
Verde	1	3,48	0,70	2,78	20,11	79,89
Verde	2	15,92	3,28	12,64	20,60	79,40
Verde	3	11,69	4,69	7,00	40,12	59,88
Convencional	1	3,73	2,94	0,79	78,82	21,18
Convencional	2	17,42	14,70	2,72	84,39	15,61
Convencional	3	11,20	9,41	1,79	84,02	15,98

**Fonte:** das autoras, 2018

Analisando os volumes encontrados na cobertura verde, é notável o quanto de água ficou retida no solo, comprovando que o telhado verde contribui para diminuir o escoamento. A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto a estrutura convencional apresentou 82,41% de escoamento. É possível perceber o quanto o escoamento no telhado convencional foi maior, pois quase todo o volume recebido é escoado. Isso é um fator importante quando se fala em enchentes. Percebe-se que o telhado verde se mostra como uma boa opção para amenizar esse desastre.

A Figura 10 demonstra os volumes escoados no ensaio 2. À direita tem-se o escoamento da cobertura verde, nota-se a presença de uma coloração escura no fundo, devido a algumas partículas finas de solo. Isso significa que as camadas devem ser melhoradas, para não haver esse carreamento de partículas.

Outro fator importante é fazer as manutenções das áreas de telhado verde, como referenciado na revisão teórica. Essas manutenções vão manter a estrutura saudável e com boa aparência.

**FIGURA 10.** Volume escoado



**Fonte:** das autoras, 2018.

Comparou-se esse estudo com Ferreira (2015), que realizou ensaios com telhado verde e telhado convencional, sendo que este telhado era em telha de fibrocimento. Ferreira (2015) afirma que foram analisados cinco eventos de chuva em um período compreendido de 31 dias durante o verão. Notou-se que um dos fatores que poderiam intervir na diferença do início do escoamento entre telhado verde e convencional foi o aspecto do substrato, ou seja, se este se encontrava seco, úmido ou saturado.

Analisando o trabalho de Ferreira (2015), é perceptível ver que no dia de maior duração de ensaio, no terceiro evento de chuva, o solo estava bem saturado, sendo que no segundo dia estava seco, não havendo escoamento no telhado verde. A redução de escoamento média foi de 81,7%, enquanto nesse estudo obteve-se uma redução de 73,06%.

Foram constatadas diferenças entre os valores encontrados neste estudo com os que foram citados acima. Essas diferenças podem ser devidas ao clima das regiões em questão, sendo que a região comparada pode ser assim descrita:

A região de Campo Mourão-Paraná, localiza-se em uma ampla faixa de transição climática, a qual sofre as oscilações sazonais e interanuais intensas, por isso também, na série histórica estudada tivemos anos em que a altura da chuva extrapolou 2000,0 mm e em anos de menor pluviosidade a altura foi inferior 1350,0 mm. Essa ampla variabilidade interanual também se verifica para as estações do ano. O verão é a estação mais úmida e o inverno mais seca (NIELLYHNEDA; BORSATO, 2017a, p. 6).

De acordo com Monteiro (1968),

as chuvas intensas ocorrem a qualquer período do ano para a região de Campo Mourão-PR, ou seja, em qualquer das quatro estações. A probabilidade aumenta para o verão, considerando que nessa estação a altura registrada na região de Campo Mourão é para os anos mais chuvosos de até seis vezes o volume que é registrado no inverno, embora, não necessariamente seja o período mais úmido, pois a evapotranspiração nessa estação é elevada (*apud* NIELLYHNEDA; BORSATO, 2017b, p.1).

Outra diferença notável é o tempo de duração e a precipitação diária de cada cidade, e também a montagem e preparação do telhado verde, em questão do substrato usado.

#### 4.3. CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Reaproveitar a água das chuvas para fins não potáveis é um meio de diminuir o impacto ambiental causado por grandes precipitações. Discute-se a seguir algumas soluções para a reutilização da água que escoam pelos telhados, tanto para

o modelo convencional quanto para o telhado verde.

De acordo com May (2004), existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, bem como minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (*apud* MARINOSKI, 2007a, p. 21).

Para captar a água que escoar do telhado convencional, é preciso de um depósito, tanque ou mesmo barril de plástico, portando um tamanho conveniente. Ricchini (2018) afirma que o primeiro passo é a instalação de calhas no telhado que capturem a água da chuva e a transportem até um reservatório. Ricchini (2018, s.p.) ainda descreve como se deve construir um sistema de captação:

[...] podem ser barris de plástico com capacidade para 200 litros cada e com uma torneira na parte inferior, como no exemplo abaixo. É interessante também colocar um filtro para que detritos como folhas e gravetos não entupam o reservatório ou obstruam algum outro ponto do sistema. Pronto, agora já é possível aproveitar a água da chuva! Para facilitar o uso da água, é bom deixar a torneira da cisterna a no mínimo 90 centímetros de altura, pois assim a água ganha mais pressão ao sair.

Para a captação de água do telhado verde, a *Venus' Secret Spa* teve a proposta de montar um ambiente sustentável e, para isso, desenvolveu um sistema de captação de água da chuva, que é 100% reaproveitada para a irrigação da jardinagem, sanitários, entre outros espaços (JACQUES, 2013).

O telhado verde faz a captação da água da chuva por meio de uma cisterna própria, que integra a laje elevada que possui os drenos para sugar a água, afirma Jacques (2013). A água é aproveitada diretamente na própria irrigação do telhado verde e também passa por outro sistema, um tubo para passagem para descarga de sanitários e outros fins não potáveis.

O arquiteto Fred Seigneur afirma que, para qualquer cobertura verde, a impermeabilização deve ser checada a cada cinco anos. Já o manejo de massa de vegetação, para qualquer sistema e fabricante, requer manutenção a cada 12 meses, no máximo, para manter a eficiência dos sistemas (REVISTA TECHNE, 2009b, p. 7).

É evidente que para executar o telhado verde juntamente com o projeto de aproveitamento da água da chuva, os cuidados são numerosos, pois devem ser dimensionados e calculados de forma correta, não se esquecendo da escolha certa dos elementos. Tem que levar em consideração a estrutura e o peso adicional devido à saturação do solo nos dias chuvosos, os meios de impermeabilização, o substrato e a vegetação escolhida.

A água captada em ambos os telhados pode ser usada [...] como descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavagem de automóveis e calçadas [...] (MARINOSKI, 2007b, p. 13).

Fazendo a conversão da área utilizada nos protótipos com uma residência padrão de 70m<sup>2</sup>, é possível visualizar melhor o quanto de volume será escoado.



Utilizando a mesma inclinação de 30%, e um telhado de duas águas, a área de telhado será de 82,25m<sup>2</sup>. O experimento levado em consideração foi o 3, devido ao maior tempo de ensaio, que foi de 30 minutos. O volume médio escoado no telhado verde foi de 4,69l e o convencional foi de 9,41l. Essa diferença se dá devido ao fato de a cobertura verde reter muita água no substrato, aumentando o teor de umidade do mesmo.

Para a residência em questão, esse volume seria convertido para 385,75l na cobertura verde e 773,97l na estrutura convencional. Isso significa que um volume relevante pode ser captado em ambas os telhados.

## 5. CONCLUSÕES

- (i) A cobertura verde apresentou um escoamento médio de 26,94%, enquanto a estrutura convencional apresentou 82,41%, e essa diferença é considerável.
- (ii) Sendo assim, é possível concluir que o telhado verde se mostra uma boa opção para diminuir as enchentes e também os custos com drenagem.
- (iii) A água captada pode ser reaproveitada para fins não potáveis como descargas de vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas, limpeza de pátios, calçadas e veículo, entre outros.
- (iv) Recomenda-se para futuros trabalhos coletar mais dados nos meses de maior índice de precipitação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6457*: amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. *NBR 7181*. Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. *NBR 9604*. Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

\_\_\_\_\_. *NBR 15527*. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BONI, Felipe. *Telhado verde: uma opção sustentável*. Curitiba, 2030studio, 19, fev. 2015. Disponível em: <<http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos solos e suas aplicações*. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

CARDOSO NETO, A. *Sistemas urbanos de drenagem*. [s/d]. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2016

CASTRO, Andréa Souza; GOLDENFUM, Joel Avruch. Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano. *Periódico da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre*, ano IV, n. 7, p. 75-82, jun. 2010.

CIVILIZAÇÃO ENGENHEIRA. *Chuvas: problemas e soluções*. Disponível em: <<https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2016/04/06/chuvas-problemas-e-solucoes/>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

FABER, Marcos. *História ilustrada: a importância dos rios para as primeiras civilizações*. São Paulo: Ed1, 2011.

FERREIRA, L. A. P. *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. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. *Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã*. Pesquisa científica, 4 p. mar. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000*. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/drenagem\\_urbana/dren\\_urbana87.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/drenagem_urbana/dren_urbana87.shtm). Acesso em 25, jan. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Patos de Minas–MG*. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/3833>>. Acesso em: 15, fev. 2018.

JACQUES, Elis. *Spa reaproveita 100% da água captada de chuvas*. Disponível em: <<http://atitudesustentavel.com.br/blog/2013/08/16/spa-reaproveita-100-da-agua-captada-de-chuvas/>> Acesso em: 09 fev. 2018.

NIELLYHNEDA; BORSATO, Victor da Assunção. A pluviosidade em campo mourão na série 1992 a 2012, in: *I Congresso Nacional de Geografia Física, 2017, Campinas-SP. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Campinas: [s.n.], 2017b, p. 1-6.

MARINOSKI, Ana Kelly. *Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC*. 2007. 118p, il. (Dissertação de TCC em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007a, p.13-21.

REVISTA ATITUDE. Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, ano IV, n. 7, jan, 2010.

*Revista de Estudos Ambientais (online)*, v. 14, n. 2esp, p. 50-56, 2012.

RICCHINI, Ricardo. *Reutilizando água*. [s/d]. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-agua/reutilizando-agua/>>. Acesso em: 19 fev. 2018

RIBEIRO, Luiza. *Histórico de enchentes no Brasil*. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/historico-de-enchentes-no-brasil/>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. *Enchentes e deslizamentos: causas e soluções: área de risco no Brasil: teoria e prática*. São Paulo: Pini, 2012.

SILVA, Fabrício Mendes. *Controle do escoamento pluvial com o uso do telhado verde*. 2014, 64 f. (Dissertação de TCC em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2014.

TECHNE. *Telhados verdes*. São Paulo, edição 148, jun. 2009a, p. 1-7.

VARGAS, Milton. *Introdução à Mecânica dos Solos*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.