

## ESTUDO DO SISTEMA DE QUALIDADE: Águas Pluviais Captadas Pelo Método Construtivo da Cobertura Verde

**Caroline de Almeida Weixter**

Graduanda em Engenharia Civil,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Charles Vinicius Teixeira De Farias**

Graduando em Engenharia Civil,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Rafael Gustavo Ventania Pedrazzi Polete**

Graduando em Engenharia Civil,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Rafael Lima de Mel**

Graduando em Engenharia Civil,  
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Lucas Henrique Lozano Dourado de Matos**

Mestre em Engenharia Civil – UNESP,  
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

**Tatiana Santos da Silva Magri**

Mestre em Engenharia Civil – UNESP,  
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

### RESUMO

O crescimento populacional, a evolução na tecnologia e construções e a alteração da paisagem, tem definido o processo de urbanização de escala global nas últimas décadas. Esse artigo trata-se de uma pesquisa sobre cobertura verde, da captação e absorção de águas pluviais e avaliação da qualidade. O telhado verde pode contribuir para a diminuição da acidez natural da água da chuva, embora não atenda a todos os parâmetros indicados na NBR 15527 (ABNT, 2007), essa água vem sendo aproveitada nas residências para limpeza de calçadas, irrigação de jardim e etc. Com base em parâmetros de qualidade de água para reuso e nos resultados obtidos nas análises, são propostos métodos de reaproveitamento de águas pluviais.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade de água; cobertura verde; impactos hídricos; aproveitamento.

### 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, a evolução na tecnologia e construções e a alteração da paisagem, tem definido o processo de urbanização de escala global nas últimas décadas. Onde mais da metade da população habita em centros urbanos, principalmente em países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, onde cerca de mais de 84% da população reside em centros urbanos, segundo o censo 2015 do IBGE.

Com esse crescimento da urbanização vem junto os impactos ambientais e sócio econômicos, onde a mudança de paisagem e alteração hidrológica afeta grande parte da população. Os impactos ambientais decorrentes da concentração populacional em centros urbanos afetam principalmente os recursos hídricos e tem provocado uma demanda por perquirição de soluções que ajudem a reverter esse processo. Uma das alternativas para ajudar a reverter o processo citado são as aplicações de reúso da água.

Nas residências, os maiores desperdícios são provenientes dos vazamentos, da lavagem em excesso de calçadas e carros, o uso insensato da descarga e também da irrigação de grandes áreas verdes entre outros. Medidas simples podem ajudar significativamente para o reúso, como por exemplo a manutenção de torneiras, e principalmente a construção de cisternas para o armazenamento da água pluvial para ser utilizada em atividades que não requer tratamento específico da mesma.

Segundo Mota, Manzanares e Silva (2006), “[...] muito da água potável utilizada dentro das casas vai, literalmente, pelo ralo. Cerca de um terço, chegando-se até a metade de toda água consumida por uma casa é utilizada nos chuveiros”. Por exemplo, o desvio da água do ralo do chuveiro passando por filtros e tratamentos simples e fáceis de instalar para a utilização dessa água em vasos sanitários ou podendo ser utilizada para inúmeros fins (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

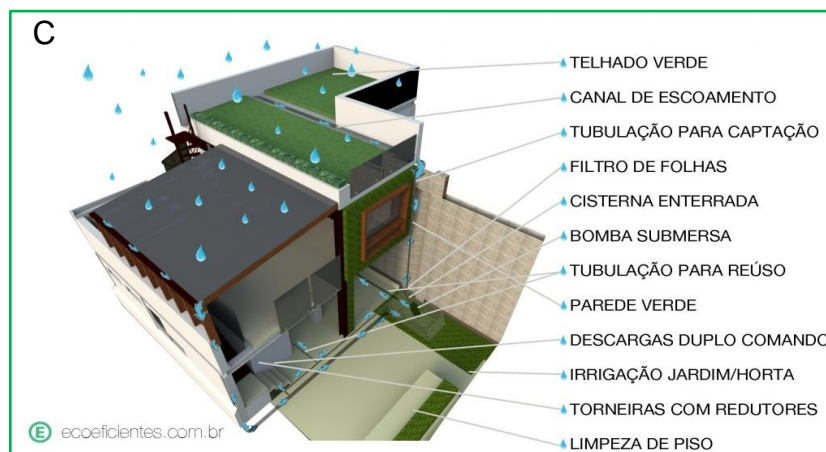
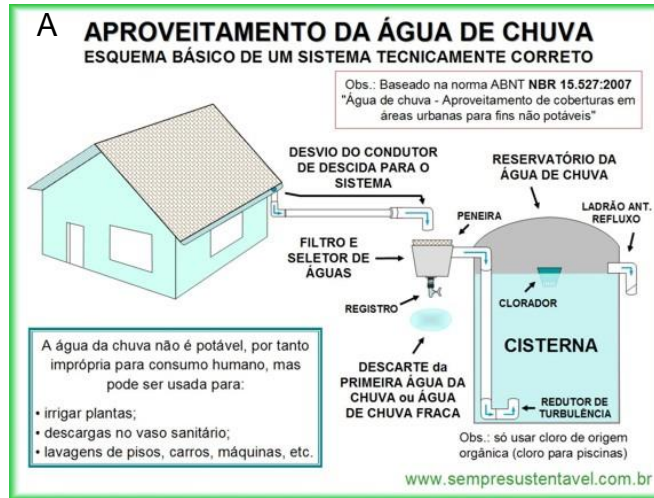
A chuva é um recurso natural de nosso alcance que nos permite dispor de uma reserva de água de ótima qualidade para destinar à rega de jardins, e lavagem de piso e outros espaços. No Brasil, infelizmente, a água da chuva é contaminada misturando-se ao sistema de esgoto. Uma das maneiras de evitar esse desperdício é utilizando o sistema de aproveitamento de água da chuva para uso não potável nas edificações, o que pode significar mais de 50% do consumo total.

A edificação precisa conter uma estrutura composta por coletores de água, como por exemplo, calhas e condutores, direcionando toda a água para um reservatório. Recomenda-se que as primeiras águas da chuva devem ser descartadas, pois são águas que lavam o telhado.

Apesar de ser uma alternativa ecologicamente correta, o aproveitamento de águas pluviais deve ser implementado de forma responsável. A água de chuva possui substâncias tóxicas e bactérias que em caso de ingestão ou contato com a pele e mucosas pode causar doenças, desde simples irritações na pele a graves infecções

intestinais.

Figura 1. Sistemas de aproveitamento da água da chuva.



Fonte: A e B. Extraídos do sítio virtual Sempre Sustentável. C. Sistema de aproveitamento da água da chuva com telhado verde. Extraído do sítio virtual Ecoeficientes.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007), apresenta os requisitos para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, traz

alguns métodos para dimensionamento de reservatório para água pluvial, sendo os mesmo, Rippl, maior período de estiagem, métodos empíricos (brasileiro, alemão e inglês) e simulações.

Os equipamentos do sistema completo de captação e aproveitamento da água de chuva são (i) bacia coletora, no caso o telhado que funciona como captadora da água pluvial; (ii) calhas e coletores onde reúne a água que vem do telhado; (iii) filtro grosseiro, onde retém os resíduos sólidos como galhos folhas entre outros; (iv) filtro de areia, que retém a maior parte dos contaminantes presente na água bruta; (v) filtro desferrizador que remove o ferro e o manganês presente na água; (vi) separador de primeiras águas, que despreza a primeira chuva; (vii) unidade de Desinfecção, onde garante a segurança sanitária de um sistema de aproveitamento de água da chuva onde pode ser empregados como exemplo cloro, ozônio etc.; (viii) reservatório para acumular a água da chuva, onde deve ser fechado para evitar sujeiras e a luz solar; (ix) sistema de pressurização bombas e sistema de segurança e automação para envio da água estocada para caixas de alimentação; (x) caixa de alimentação secundária e (xi) rede de aproveitamento, tubulação exclusiva e independente para aproveitamento da água reservada para não misturar com a da distribuição (Figura 1).

O telhado verde ou cobertura verde consiste em um sistema artificial de construção de coberturas de edifícios, habitações ou mesmo estruturas de apoio, sobre as quais são aplicados diversos tipos de materiais, nomeadamente vegetação, que permitem o correto funcionamento do mesmo e tirar partido das suas enormes vantagens ao nível arquitetônico, estético e ambiental.

**Figura 2. Esquema de reuso da água do telhado verde.**



**Fonte:** Extraído do sítio virtual Ecotelhado.

De acordo com Almeida Neto e Mediodo (2014), a cobertura ou telhados

verdes, veem de tempos antigos antes de cristo. As mais famosas são os Jardins suspensos da Babilônia. Os benefícios dessa estrutura além da estética, a presença da cobertura vegetal em telhados, contribuem para a redução de capacidade de água escoada superficialmente para áreas de drenagem. Em um sistema de captação de águas pluviais basicamente, a coleta através de calhas e condutores e o armazenamento em reservatórios de acumulação para o reuso da água para fins não potáveis (Figura 2).

A vegetação tem a capacidade de promover a, além de efeitos estéticos, ela tem como principal finalidade de controle da radiação solar, procurando minimizá-la no verão e otimizá-la no inverno (RIVERO, 1985).

Segundo Romero (2000), através do processo de fotossíntese, que auxilia na umidificação do ar, provoca o resfriamento evaporativo que diminui a temperatura e aumenta a umidade do ar em dias quentes, assim, a vegetação atua como um refrigerador evaporativo diminuindo as altas temperaturas. Quando utilizada a vegetação na cobertura, todas essas vantagens em relação à temperatura passam a influenciar também na edificação. Isso propicia ao interior da edificação uma temperatura agradável em qualquer época do ano, minimizando custos com aparelhos de refrigeração. Nesse contexto, têm sido utilizados os telhados verdes em várias partes do mundo principalmente com finalidades estéticas de valorização do espaço urbano e para melhoria do conforto ambiental. Essas áreas verdes podem servir também para retenção do escoamento superficial, minimizando as enchentes urbanas e aproveitamento das águas pluviais.

## **2 OBJETIVOS**

Esse artigo trata-se de uma pesquisa sobre cobertura verde, a sua captação e absorção de águas pluviais e a qualidade da mesma. Avaliando o custo benefício ao longo prazo, a absorção da água pluvial, a substituição das estruturas, com isenção de estrutura de cobertura de telhas entre outros e a qualidade da água em relação aos outros tipos de cobertura para fins não potáveis.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Para esse estudo, foram usados os seguintes equipamentos para a estrutura,

enxada, cavadeira, trado, martelo, serra circular, madeira, caibro, tábuas e ripas, trena, pregos e cano de PVC.

### 3.1 Montagem do Aparato Experimental

O primeiro passo para a montagem do aparato experimental foi capinar usando o local onde o aparato experimental foi construído. Posteriormente foram marcados os locais dos furos usando uma trena e com a cavadeira. Com o trado abriram-se os furos com certa de 50 cm de profundidade (Figura 3).

**Figura 3. Preparação do terreno para montagem do aparato.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 4. Montagem da estrutura.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

A estrutura montada com 1 m<sup>2</sup> sendo os pilares posteriores de 80 centímetros de altura e os pilares inferiores de 70 centímetros de altura. A base da cobertura do telhado foi feita de tábuas com 1 m<sup>2</sup> no total, como ilustra a Figura 4. Foi realizada uma estrutura de contenção nas laterais com ripas de 10 centímetros de altura. A

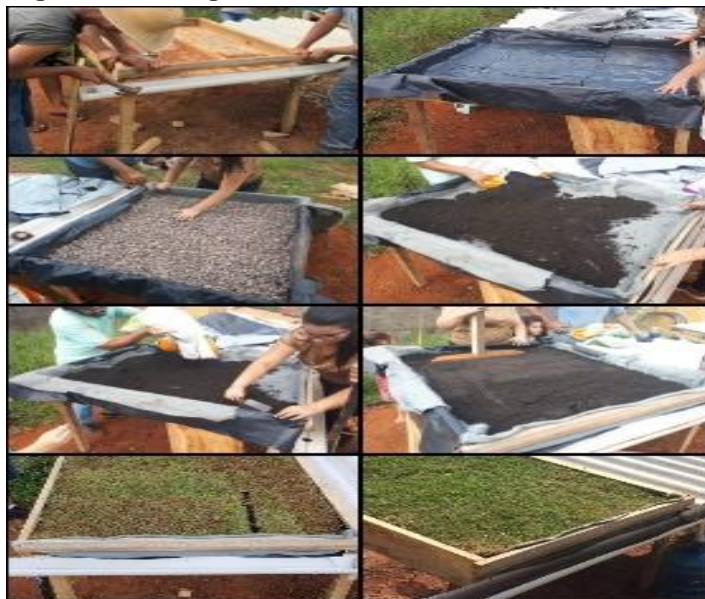
inclinação do telhado foi de 10% para o escoamento. De acordo com o catálogo de revestimentos vivos (2011), a inclinação mínima é de 2-35 %, e se denomina telhado de encosta suave (MINKE, 2004).

### 3.2 Montagem do Telhado Verde

Primeiramente foi colocado uma camada impermeabilizante, uma lona, para proteger a estrutura contra infiltrações. A montagem do telhado seguiu a ordem, (i) camada drenante (com a função de dar vazão ao excesso de água no solo, foi utilizado 1 m<sup>2</sup> de brita. Com espessura de 4 centímetros; (ii) camada filtrante (evita que a água das chuvas e das regas arrastes as partículas do solo do telhado, foi utilizado uma manta geotêxtil de 1 m<sup>2</sup>); (iii) solo (foi utilizado 25 kg de substrato da marca GENESOLO, o substrato funciona como uma boa drenagem, formando uma camada de 5 centímetros de espessura); (iv) vegetação (foi utilizado 1 m<sup>2</sup> da grama esmeralda); (v) para a captação da água pluvial foi utilizado metade de um cano de PVC de cerca de 1 metro de comprimento usado como calha e (vi) para armazenar a água pluvial para estudo, foi utilizado um cano de PVC de 25 mm para direcionar a água ao coletor que foi usado o galão de 20 litros limpo e higienizado.

A Figura 5 demonstra o processo descrito para a montagem do telhado.

**Figura 5. Montagem do telhado verde.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.3 Modo Operacional

Após os episódios de precipitação, parte da água entrou em contato com a

cobertura foi absorvido pela vegetação, diminuindo o escoamento superficial. Em seguida a água passou pela camada de substrato solo, o qual forneceu os nutrientes para a vegetação. Em seguida a água atravessou a camada da manta geotêxtil, onde ocorreu a filtração de modo que o material pulverulento ficou retido, o qual poderia entupir as cavidades na drenagem.

Posteriormente, passou pela camada de drenagem com as britas, onde é capaz de reter a água e assegurar uma boa drenagem e arejamento do substrato e arejamento do substrato e das raízes. Logo passando pela camada de proteção a lona impermeabilizante e deslocando –se para a captação e por fim pelo cano de direcionamento ao coletor.

### 3.4 Análises das Amostras

Após a coleta das amostras de água foram realizadas as seguintes análises segundo APHA (2012), pH; condutividade elétrica; sólidos totais, que podem ser classificados como sólidos suspensos totais ou sólidos dissolvidos totais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras coletadas apresentam coloração amarelada, que de acordo com Lima e Chaves (2008) descrevem como águas ricas em ácidos húmicos, que são compostos orgânicos presente na água, solo e sedimentos. Ainda segundo os autores a cor da água é uma consequência de substâncias dissolvidas ou pela presença de partículas coloidais em suspensão. Por sua vez a Tabela1 apresenta os valores obtidos pelas demais análises realizadas em laboratório.

**Tabela 1. Procedimento analítico.**

Parâmetros	Amostras				
		C1	C2	C3	C4
Data		22/04/19	29/04/19	06/05/19	03/06/19
pH		6	6	6	8
Condutividade Elétrica		921.7 $\mu\text{s/cm}$	450.9 $\mu\text{s/cm}$	435.1 $\mu\text{s/cm}$	1818 $\mu\text{s/cm}$
Sólidos Suspensos	P0	63.1485g	80.9715g	66.7808g	173.2922g
	MI	50 ml	50 ml	50 ml	50 ml
	P1	63.1579g	80.9829g	66.7929g	173.3051g
	P2	63.1539g	80.9815g	66.7910g	173.3097g
Sólidos Dissolvidos	P0	94.3878g	86.2038g	91.4738g	86.0979g
	MI	10 ml	20 ml	20 ml	20 ml
	P1	94.3892g	86.2074g	91.4785g	86.1027g

P0 = massa da cápsula vazia, MI = volume de amostra, P1 = massa da cápsula mais amostra após 110°C, P2 = massa da cápsula mais amostra após 550°C.

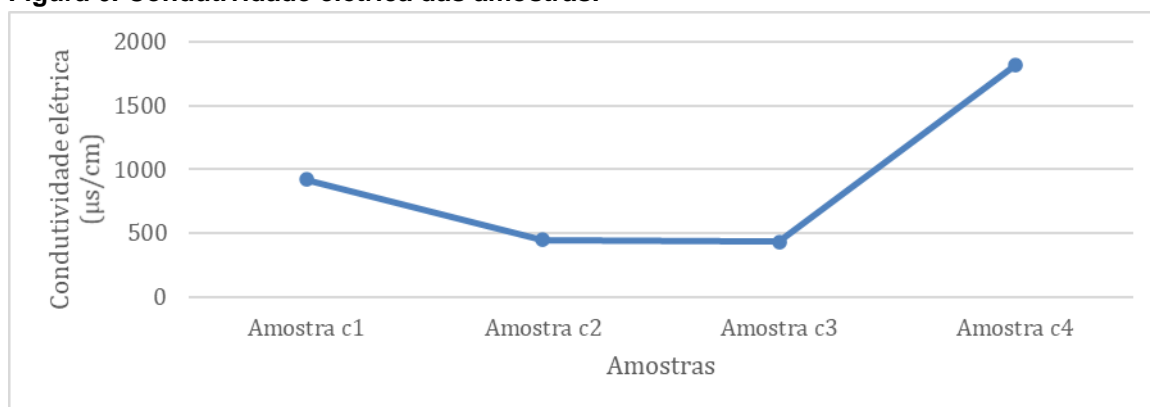
**Fonte:** Elaborado pelos autores

A partir da análise dos parâmetros notou-se a alteração dos valores de pH entre as amostras, de modo que na primeira amostra de um valor de 6 variou à 8, indicando a mudança do ácido para o alcalino, porém ainda na região de neutralidade. Essa alteração pode ter ocorrido pela passagem da água pelas camadas de solo do telhado. Ainda segundo Texeira et al. (2017), os valores de pH podem sofrer influência do material e manutenção do telhado assim como dos aspectos da qualidade do ar.

Os valores de pH estão de acordo com o que foi reportado por Berndtsson, Emilsson e Bengtsson (2009), os quais indicam que a passagem da água da chuva por telhados verdes contribui para diminuição da acidificação da água nos reservatórios de água pluviais e nos corpos de água que recebe.

Analisando-se a condutividade elétrica observou-se na primeira amostra alto valor na concentração (921.7  $\mu\text{s/cm}$ ), indicando o possível desprendimento de minerais e sais decorrentes da primeira drenagem do telhado pela água da chuva. Em seguida houve uma estabilização da sua concentração em valores próximos à 450  $\mu\text{s/cm}$ . A quarta amostra, por sua vez, apresentou condutividade de 1818  $\mu\text{s/cm}$ , indicando elevada concentração de materiais. Tal variação pode ser decorrente à ausência de episódios de precipitação, aumentando, assim a concentração de material particulado depositados pela atmosfera (Figura 6).

**Figura 6. Condutividade elétrica das amostras.**



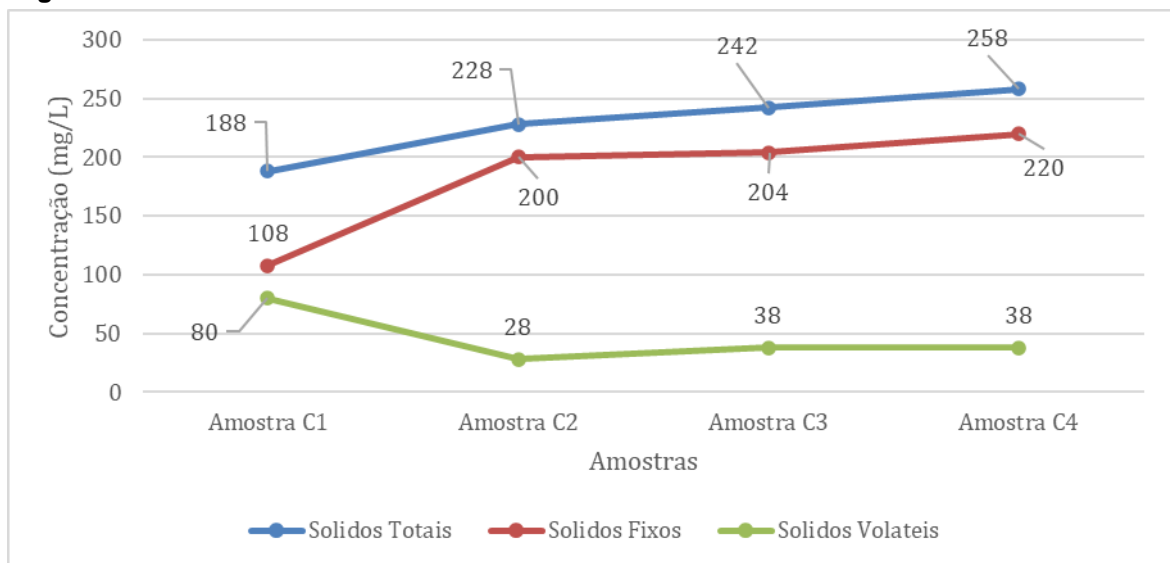
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A elevada concentração de condutividade elétrica é justificado pela presença de matéria orgânica nas coberturas verde, pois quando entra em decomposição libera seus íons e nutrientes, que podem ser carregadas pela água escoada. E de acordo com a CONAMA 357/2005, as águas escoadas pela cobertura verde são da classe de águas salobras. Ainda assim encontram-se dentro dos padrões para irrigação de

acordo com a EMBRAPA (2010).

Aos resultados de sólidos apresentados pela Figura 7, pode-se inferir que na primeira amostra coletada a concentração de sólidos totais apresentou a menor concentração com 188mg/L, dos quais 108 mg/L eram sólidos fixos, cuja composição pode ser considerada como a de materiais inertes, enquanto que 80 mg/L se apresentou como a concentração de materiais orgânicos.

**Figura 7. Série de sólidos das amostras.**

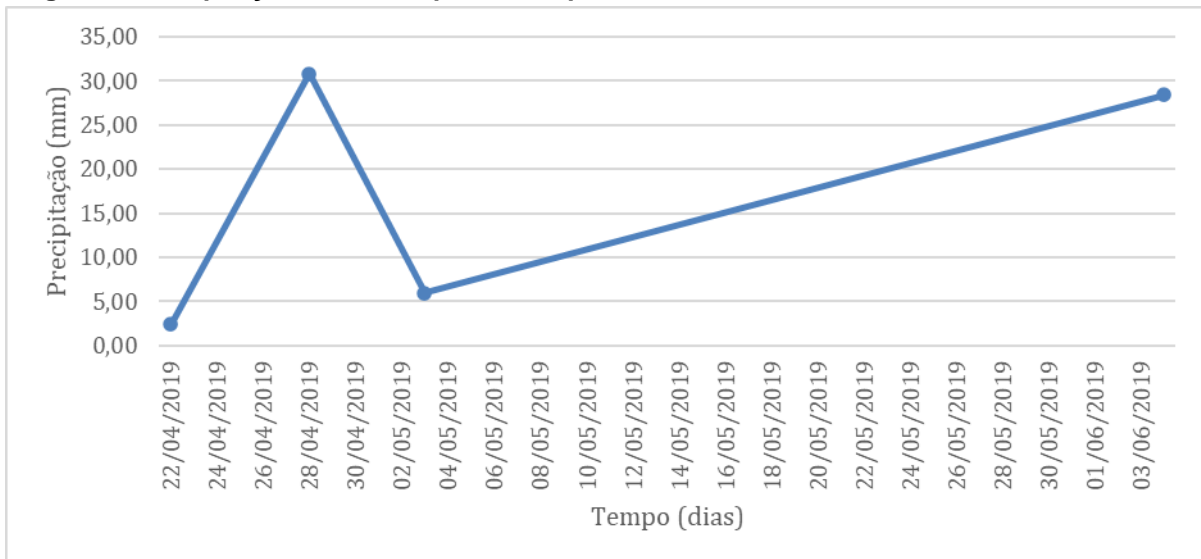


**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Na sequência, houve um incremento na concentração de sólidos totais para 228mg/L, dos quais 200mg/L era composta por materiais inertes e apenas 28 mg/L foi a parcela de materiais orgânicos. Tal desempenho também foi verificado nas demais amostras, indicando que parcela do solo integrante do telhado possivelmente se despreendeu, promovendo o acréscimo nessa concentração.

Outro elemento a contribuir com o aumento dos sólidos assim como na condutividade elétrica foram os episódios de precipitação que ocorreram durante o experimento, apresentados na Figura 8, demonstrando que no primeiro evento de chuva a pouca intensidade foi suficiente apenas para carregar as partículas (inertes ou orgânicas) dispersas resultantes ainda da montagem do sistema. Os dois eventos seguintes demonstram a baixa concentração de orgânicos indicando a perda de solo e partículas inertes. O último episódio de precipitação cuja ocorrência foi cerca de 30 dias possivelmente carregou para os elementos da vegetação que em meio a falta de água se deteriorou, aumentando assim a concentração de sais.

**Figura 8. Precipitação durante o período experimental.**



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

## 5 CONCLUSÕES

Nesse estudo da qualidade de água da chuva escoada pelo telhado verde, foram obtidas informações que indicam o não atendimento total da norma NBR 15527 (ABNT, 2007) para fins não potáveis. As amostras apresentaram uma diminuição significativa da acidez da água naturalmente, por isso apresentaram qualidade superior no parâmetro pH.

Com base nesse estudo os procedimentos de reutilização de águas pluviais para fins não potáveis, consiste em adaptar-se a norma citada a cima, utilizando como exemplo cisternas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. Heat Island Effect. Disponível em <<https://engeneironaweb.https://www.epa.gov/heat-islandscom/2017/07/29/como-montar-um-telhado-verde/>>. Acesso em 24 mai. 2019.

APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

ARAÚJO, S. R. As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão de recursos hídricos. 2007 28f. Monografia (Monografia em Engenharia Florestal) – Escola de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BALDESSAR, S. M. N. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BASSO, A. Cobertura verde como sistema de reaproveitamento de água da chuva e águas servidas. 2013. 58f. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

BERNDTSSON, J. C.; EMILSSON, T.; BENGTSSON, L. The Influence of Extensive Vegetated Roofs on Runoff Quality. *Science of the Total Environment*, v. 355, n. 1/3, p. 48–63, 2009.

BERNDTSSON, J. C. Green Roof Performance Towards Management of Runoff Water Quantity and Quality: a review. *Ecological Engineering*, v. 36, n. 4, p. 351-360, 2010.

CARDOSO, C. E. N. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. 2013. 74f. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador Bahia, Disponível em <[https://teclim.ufba.br/site/material\\_online/publicacoes/pub\\_art74.pdf](https://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art74.pdf)>. Acesso em 2 mai. 2019.

ECYCLE. Captação de água da chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/3301-captacao-de-agua-da-chuva-aproveitamento-sistema-cisternas-como-captar-armazenar-coletar-para-aproveitar-vantagens-coletor-modelos-cisterna-ecologica-aproveitando-coleta-pluvial-armazenamento-caseiro-residencial-como-onde-encontrar-comprar>. Acesso em: 16 mai. 2019.

ENGENHEIRO NA WEB. Como montar um telhado verde?. Disponível em <<https://engenheironaweb.com/2017/07/29/como-montar-um-telhado-verde/>>. Acesso em 24 mai. 2019.

MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. 2007. 118f. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico departamento de engenharia civil Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, N. D. C. Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 63f. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TEIXEIRA, C. A. et al. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr. 2017.