

DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n15p376-390>

INTERESPAÇO

Revista de Geografia e Interdisciplinaridade

AS FUNÇÕES DOS TELHADOS VERDES NO MEIO URBANO E NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

THE FUNCTIONS OF GREEN ROOFS IN THE URBAN ENVIRONMENT AND THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

LAS FUNCIONES DE LOS TEJADOS VERDES EN MEDIO URBANO Y EN LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

César Di Paula da Silva Pinheiro

Discente do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental & Energias Renováveis da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq. cezarpinheiro18@gmail.com.

Joyse Tatiane Souza dos Santos

Doutoranda em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará – UFPA. joysetaty@hotmail.com

Adriano Marlisom Leão de Sousa

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professor Associado do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – Universidade Federal Rural da Amazônia – ISARH/UFRA. marlisoms@yahoo.com.br

Recebido para avaliação em 25/04/2018; Aceito para publicação em 08/12/2018.

RESUMO

A ocupação desordenada em áreas urbanas vem causando diversos problemas, entre eles, as inundações, provocadas pelas chuvas intensas que aliado aos altos níveis de impermeabilização do solo, resulta em grandes prejuízos sociais e ambientais. Nesse contexto, a utilização do telhado verde surge como técnica compensatória, restaurando as condições hidrológicas anteriores às ocupações urbanas e reduzindo significativamente o pico do escoamento da maioria das precipitações. Dessa forma, a pesquisa tem por objetivo apresentar uma síntese dos principais pontos que devam ser observados na utilização do telhado verde sob o ponto de vista da minimização de alguns dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos. A metodologia adotada neste estudo partiu de uma pesquisa bibliográfica, baseando-se na abordagem sistêmica, com o intuito de reunir diversas análises interdisciplinares sobre os efeitos dos telhados verdes, relacionando-os com diversos fatores. Como resultado constatou-se que a mesma pode ser considerada como um sistema sustentável de drenagem pluvial urbano, por meio do aumento de áreas de infiltração, percolação, recepção e armazenamento temporário de águas pluviais, devendo, portanto, ser inserida nos planos de gestão das cidades como ferramenta para o controle quantitativo do escoamento superficial na superfície urbana, reduzindo o volume das águas pluviais e servindo de instrumento de prevenção a enchentes.

Palavras-chave: Escoamento Pluvial; Cobertura Verde; Gestão Ambiental; Ciclo Hidrológico.

ABSTRACT

The disordered occupation in urban areas has caused several problems, among them, floods caused by heavy rains that, together with the high levels of waterproofing of the soil, result in great social

and environmental damages. In this context, the use of the green roof appears as the compensatory technique, restoring the water conditions prior to urban occupation and taking advantage of the peak of the flow of most precipitations. Thus, the research aims to present a synthesis of the main points that should be observed in the use of the green roof under the aspect of minimizing some of the impacts of urbanization on the hydrological cycle and water resources. The methodology adopted in this study was based on a bibliographical research, based on the systemic approach, with the purpose of gathering several interdisciplinary analyzes on the effects of green roofs, relating them to several factors. It was verified that it can be considered as a sustainable system of urban stormwater drainage, through the increase of areas of infiltration, percolation, reception and temporary storage of rainwater, should therefore be included in city management plans as a tool for the quantitative control of surface runoff on the urban surface, reducing the volume of rainwater and serving as a flood prevention instrument.

Keywords: Surface runoff; Green Cover; Environmental Management; Hydrological Cycle.

RESUMEN

La ocupación desordenada en áreas urbanas viene causando diversos problemas, entre ellos, las inundaciones, provocadas por las lluvias intensas que aliado a los altos niveles de impermeabilización del suelo, resulta en grandes perjuicios sociales y ambientales. En este contexto, la utilización del tejado verde surge como técnica compensatoria, restaurando las condiciones hidrológicas anteriores a la ocupación urbana y reduciendo significativamente el pico del flujo de la mayoría de las precipitaciones. De esta forma, la investigación tiene por objetivo, presentar una síntesis de los principales puntos que deban ser observados en la utilización del tejado verde bajo el aspecto de la minimización de algunos de los impactos de la urbanización en el ciclo hidrológico y en los recursos hídricos. La metodología adoptada en este estudio partió de una investigación bibliográfica, basándose en el enfoque sistémico, con el propósito de reunir diversos análisis interdisciplinarios sobre los efectos de los tejados verdes, relacionándolos con diversos factores. En el que se constató que la misma puede ser considerada como un sistema sostenible de drenaje pluvial urbano, por medio del aumento de áreas de infiltración, percolación, recepción y almacenamiento temporal de aguas pluviales, debiendo, por lo tanto, ser insertada en los planes de gestión de las aguas ciudades como herramienta para el control cuantitativo del flujo superficial en la superficie urbana, reduciendo el volumen de las aguas pluviales y sirviendo de instrumento de prevención a inundaciones.

Palabras clave: Escurrimiento Superficial; Cubierta Verde; Gestión Ambiental; Ciclo Hidrológico.

INTRODUÇÃO

Um dos efeitos do crescimento urbano é a diminuição da cobertura vegetal natural dos solos, agindo de forma direta e indireta na qualidade de vida do ser humano. A inserção de superfícies impermeáveis reduz as taxas de infiltração e evapotranspiração das águas pluviais, a partir da eliminação dos percursos naturais de escoamento, gerando o aumento das vazões e do volume das águas que são escoadas superficialmente (COSTA et al., 2012; PESSOA; FAÇANHA, 2015; GONÇALVES; NUCCI, 2017), contribuindo assim, para impactos sociais e ambientais decorrentes da interação com eventos hidrológicos, ocasionando a busca contínua por soluções sustentáveis.

Nesse sentido, como uma das estratégias na mitigação dos impactos da impermeabilização das superfícies nas áreas urbanas, vem-se aumentando a utilização do

telhado verde, também chamado de Ecotelhado, Biocobertura ou Cobertura Verde (CV), um sistema caracterizado pela aplicação de cobertura vegetal sobre as edificações, utilizando impermeabilização e drenagem adequadas, surgindo como uma alternativa de cobertura que proporciona várias vantagens sobre as coberturas convencionais (CASTRO; GOLDENFUM, 2008).

Pesquisas recentes demonstram que o uso dessa prática vem conferindo múltiplos benefícios na gestão e qualidade ambiental dos centros urbanos, atuando como sequestrador de poluentes e aumento da biodiversidade, além disso, tanto as vegetações como o substrato presentes na CV atuam sobre o controle do Escoamento Superficial (ES) das águas pluviais, através dos processos de interceptação, armazenamento de água no solo e evapotranspiração, atenuando assim os impactos da impermeabilização (WILLES, 2014; YANG; YU; GONG, 2008).

A CV também confere melhorias relacionadas ao conforto ambiental atuando na redução da temperatura e da poluição sonora, já que a vegetação e o solo atenuam tanto a transmissão de calor como de ruído para o interior da edificação, gerando também, economia de energia. Além disso, o uso dessas coberturas também possui um forte apelo estético (ALBUQUERQUE; LOPES, 2016; MOROMIZATO et al., 2016).

De acordo com Tassi et al. (2014), ecotelhados apresentam ainda potencial de proteger a cobertura contra a ação dos raios ultravioletas, efeitos do vento no telhado e contração e retração estrutural, o que acarreta no aumento da vida útil das estruturas do telhado. Sua prática também permite a obtenção de créditos no programa LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), administrado pelo *U.S. Green Building Council*, uma agência que promove a elaboração de projetos e a construção de edificações sustentáveis.

No Brasil, ainda são poucos os estudos voltados ao desenvolvimento e aplicabilidade da CV, a prática ainda é pouco difundida, e a implantação dessa alternativa tem sido pouco explorada para fins hídricos, sendo difundida basicamente nos estados do sul e sudeste por incentivo de entidades ambientais.

Dessa forma, a pesquisa tem por objetivo apresentar uma síntese dos principais pontos que devam ser observados na utilização do telhado verde, além disso, buscou-se dar ênfase nas suas funções de minimização de alguns dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos, difundindo assim, esta alternativa sustentável no âmbito da construção civil e estimulando futuras pesquisas sobre o tema.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se classifica como exploratória, uma vez que aborda a problemática de forma flexível, considerando vários aspectos do fato estudado, assumindo, quanto à técnica de coleta de dados, a forma de pesquisa bibliográfica, com a análise de exemplos que estimulam uma melhor compreensão (GIL, 2010).

Baseando-se em Rosseti et al. (2013), a metodologia adotada para a análise dos dados foi a abordagem sistêmica, a qual procura identificar conceitos que possam transitar entre as várias áreas do conhecimento, melhorando assim a compreensão dos fenômenos e colaborando na busca de novas soluções (IAROSINSKI NETO; LEITE, 2010).

Nesse sentido, organizou-se a abordagem sistêmica dos efeitos da implantação do telhado verde de forma interdisciplinar, utilizando-se as seguintes plataformas de busca: SciELO, Google Acadêmico e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Os termos utilizados para as pesquisas foram “telhado verde”, “cobertura verde” e “Ecotelhado”, buscando sempre relacionar os termos a diversos fatores, tais como: o ciclo hidrológico, a drenagem urbana, o escoamento superficial, a impermeabilização do solo, o conforto térmico, a qualidade do ar, o aproveitamento de água pluvial e a preservação ambiental (Figura 1).

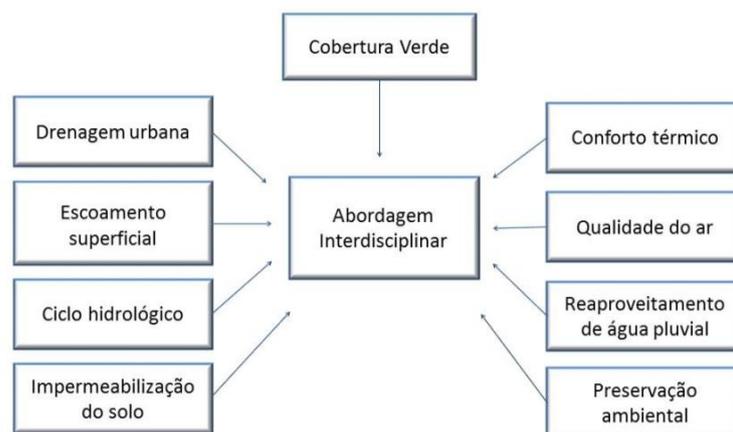


Figura 1 – Abordagem sistêmica
Fonte: Autores, 2018.

Devido à dificuldade em encontrar artigos relacionados à aplicabilidade da CV no cenário brasileiro, optou-se também por considerar teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, além de alguns artigos internacionais, de modo a alcançar uma maior abrangência sobre a temática proposta, dando sempre preferência a trabalhos publicados a partir do ano de 2007. Assim, 74 pesquisas foram consultadas ao longo da realização do

estudo, abordando ao menos um dos fatores anteriormente mencionados. Do total: 42 artigos (nacionais, internacionais ou de pesquisas apresentadas em eventos acadêmicos), 5 teses, 22 dissertações, e 5 trabalhos de conclusão de curso. Além disso, também acrescentaram-se outros 4 materiais de pesquisas (livros e atlas) dos quais os autores já possuíam.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises bibliográficas nesse estudo foram analisados e apresentados através de uma síntese dos principais pontos na utilização do telhado verde, sob o ponto de vista da minimização dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos, uma vez que, a crescente urbanização sem diretrizes de ocupação, tem influenciado de forma direta nos componentes do ciclo hidrológico e com isso, tem aumentado os riscos a saúde e vida humana.

Telhado verde: síntese dos principais pontos

A utilização de telhado verde seja na forma de jardins ou de coberturas, não é um fenômeno recente. Há relatos sobre sua utilização há milhares de anos. Na Alemanha, a partir da década de 70, organizações privadas em parceria com universidades e centros de pesquisa começaram a ampliar os estudos envolvendo seu uso, visando o desenvolvimento de habitats ecológicos, balanço energético, sistemas de drenagem e gerenciamento em meio urbano (FERREIRA; MORUZZI, 2007; SILVA, 2011). Contribuindo, assim, para o entendimento dessa prática como uma importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, os estudos realizados com telhados verdes nesse sentido são relativamente recentes, o que se observa é que grande parte das pesquisas desenvolvidas sobre o assunto, visam à quantificação e a atuação do telhado verde na diminuição do ES da água de chuva e no combate às ilhas de calor urbanas.

De acordo com Garrido Neto (2016), já houve esforços para regulamentação do uso de CV em alguns locais no país, entre eles o estado de Santa Catarina, pela Lei nº 12.243, de 2007, no estado do Rio de Janeiro, por meio da Lei nº 6.349, de 2012, além dos municípios de Recife, Lei nº 18.112, e de São Paulo, Lei nº 16.277, ambos no ano de 2015.

Segundo o autor,

a Lei Estadual do Rio de Janeiro promove a construção de telhados verdes apenas em prédios públicos, autarquias e fundações [...] projetados a partir da promulgação da referida Lei. Já a Lei Estadual de Santa Catarina cria o Programa Estadual de Incentivo a Adoção de Telhados Verdes em espaços urbanos densamente urbanizados, porém não explicita em que ocasiões às coberturas verdes devem ser adotadas nos projetos. A Lei Municipal de Recife impõe a implantação de coberturas verdes em edificações habitacionais multifamiliares com mais de 400 m² de área coberta. Já a Lei do Município de São Paulo não especifica em que locais devem ser previstos os telhados verdes, mesmo que no Projeto de Lei nº 115/2009 indicasse que os telhados verdes deveriam ser projetados em condomínios edificadas, residenciais ou não, com mais de 3 (três) unidades agrupadas verticalmente (GARRIDO NETO, 2016).

Um dos exemplos mais conhecidos de telhado verde no país encontra-se no Rio de Janeiro, no Palácio Gustavo Capanema, no centro da cidade. Projetados pelo paisagista Roberto Burle Marx.

De acordo com a necessidade de manutenção e complexidade dos sistemas, os telhados verdes podem ser classificados em três categorias (Quadro 1): Extensivos, Semi-Intensivos e Intensivos. Os sistemas extensivos são coberturas leves, com pouca profundidade e de baixo custo, projetadas para comportar plantas resistentes a diferentes eventos climatológicos, exigindo pouca ou nenhuma irrigação, adubação e manutenção (YANG; YU; GONG, 2008).

Já os sistemas intensivos necessitam de uma alta taxa de manutenção, apresentam alto custo e são bem mais complexos e pesados do que os extensivos. Possuem alta profundidade de solo, podendo ser empregados arbustos e até mesmo árvores, e por isso normalmente necessitam de um sistema de irrigação. Assim, devido à maior espessura da camada do substrato e melhor capacidade de retenção e evapotranspiração, esse tipo de CV seria, na maioria das vezes, a mais indicada para o controle quantitativo do escoamento pluvial (TASSI et al., 2014).

Há ainda, os telhados verdes semi-intensivos ou mistos, que combinariam os outros dois tipos de sistemas, podendo exercer uma carga de 100 a 700 kg.m⁻². Adequado para coberturas com pequenas cargas a serem suportadas. A profundidade do nível de substrato permite mais possibilidades de design, podendo ser plantadas várias gramíneas, herbáceas perenes e arbustos.

Quadro 1 – Caracterização da classificação do Telhado Verde

Características	Extensiva	Semi-Intensiva	Intensiva
Carga superficial	Até 100 Kg.m ⁻²	De 100 a 700 Kg.m ⁻²	De 700 a 1.2 00 Kg.m ⁻²
Espessura Vegetal	Menor que 15 cm	De 15 a 100 cm	Superior a 250 cm
Espessura substrato	Menor que 10 cm	De 10 a 20 cm	Superior a 250 cm
Tipo de vegetação	Herbáceo extensivo	Arbustivo	Arbóreo
Manutenção	Baixa ou nenhuma	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Custo	Baixo	Médio	Alto
Utilização	Camada de proteção ecológica	Projeto telhado verde	Parque como jardim

Fonte: Adaptado de Rola, 2008 e IGRA, 2015.

Quanto à composição, os ecotelhados podem ser sistematizados em dois principais tipos: o Completo e o Modular. O primeiro é o mais comum em uso no mundo, onde a cobertura verde é aplicada diretamente na estrutura de suporte. Nessa composição (Figura 2), a ordem das principais camadas, de baixo para cima são as de: impermeabilização, drenagem, camada filtrante, substrato e vegetação. Além disso, conta com uma camada secundária, o geotêxtil, o qual age como revestimento filtrante de proteção e um duto vertical. No sistema modular o desenvolvimento da CV ocorre em pequenos módulos (caixas), onde quase todas as camadas do sistema completo, com exceção da impermeabilizante, são montadas (ROLA, 2008).



Figura 2 – Corte esquemático do telhado verde com seus componentes.

Fonte: pinterest.com, 2016.

A utilização da cobertura verde possui, ainda, vários outros benefícios, como: isolante térmico e acústico, minimizando os efeitos das ilhas de calor e reduzindo ruídos provenientes do meio exterior; captação e aproveitamento de água da chuva, através de cisternas; melhorador da qualidade da água e do ar, por ação da vegetação e demais camadas do sistema; e, além disso, colabora também para a preservação do meio ambiente, funcionando como uma forma de habitat eco-reparador para a fauna e flora local (BARROS; LOMBARDO, 2016; MOHAN, 2016; VAN RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2008; UHMANN; TAVARES, 2017; VIJAYARAGHAVAN, 2016; KAUSHAL et al., 2008).

Minimização dos impactos da urbanização no ciclo hidrológico e nos recursos hídricos

No ciclo hidrológico (Figura 3), a água é evaporada dos oceanos e da superfície terrestre tornando-se parte da atmosfera, podendo precipitar e ser interceptada pela vegetação, escoar pela superfície ou mesmo infiltrar-se no solo. Dessa forma, o ciclo constitui-se de uma sequência de vários processos naturais, como: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação e escoamento superficial, impulsionados pela energia radiante, associada com a gravidade terrestre (LIMA, 2008; MIRANDA et al., 2010).

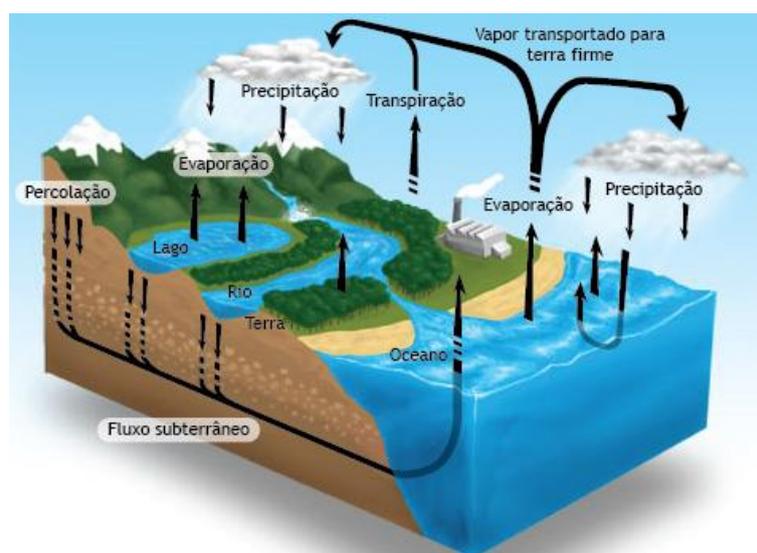


Figura 3 – O ciclo da água

Fonte: <<http://geografianewtonalmeida.blogspot.com.br>>. 2012.

O crescimento urbano e a consequente substituição de ambientes naturais ou seminaturais por ambientes construídos, acarretam no direcionamento das águas pluviais para os corpos d'água adjacentes aos canais de drenagem. Como consequência, há o aumento do transporte de águas superficiais e diminuição de recarga dos aquíferos (BENINI; MENDIONDO, 2015).

Assim, em função da impermeabilização do terreno, o ciclo hidrológico é diretamente afetado na sua parte terrestre, devido principalmente ao aumento do escoamento superficial e consequente diminuição da infiltração, gerando alterações significativas na drenagem e elevando a possibilidade de ocorrência de enchentes, inundações e enxurradas (TUCCI, 2007).

Segundo Kaushal et al. (2008), historicamente, o principal tratamento dado ao ES no meio urbano tem sido o estabelecimento de sistemas de drenagem eficientes em sua captação e deslocamento, reduzindo os danos provocados pelas inundações. Essa abordagem, entretanto, apenas transfere os impactos do aumento do escoamento para regiões que se encontram a jusante, sendo considerada por isso como insustentável, já que, à medida que a impermeabilidade aumenta novas obras, ou mesmo ampliações, são necessárias.

Além disso, é muito comum, principalmente em áreas mais carentes, por não possuírem infraestrutura suficiente de planejamento de suas residências, o ES ser conduzido diretamente a um corpo hídrico receptor, ignorando a passagem por áreas com potencial de infiltração e conexão com planícies de inundação, altamente eficientes na remoção de poluentes (KAUSHAL et al., 2008).

Dessa forma, visando à adequação dos sistemas de drenagem existentes, criam-se técnicas compensatórias ou sistemas sustentáveis de drenagem urbana, com o objetivo de aumentar as taxas de infiltração das águas pluviais; reduzir o volume do escoamento superficial através do retardo ou aumento da infiltração; reter a água pluvial para posterior uso em outras atividades; e ampliar a criação de áreas de lazer e que melhorem os aspectos paisagísticos das cidades (AGOSTINHO; POLETO, 2012; PEREIRA; ITO, 2017; PEITER; POLETO, 2012).

Nesse sentido, o aumento de áreas permeáveis diretas, a partir do uso do telhado verde possibilita a redução dos impactos urbanos sobre o ciclo da água, através da retenção do ES e do consequente aumento das taxas de infiltração e evapotranspiração (Figura 4), complementando assim os sistemas de drenagem já existentes e promovendo um equilíbrio no ciclo hidrológico.

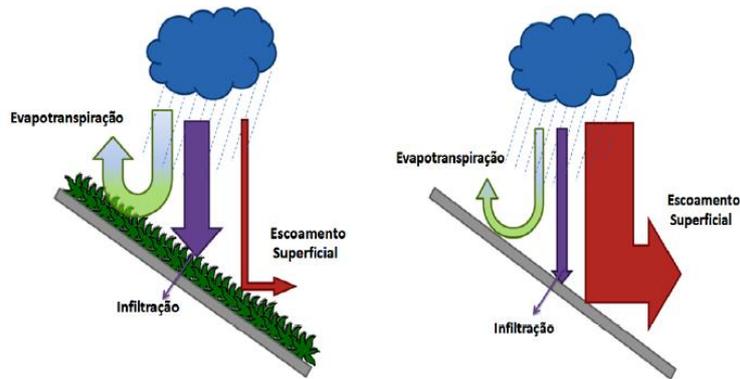


Figura 4 – Comparativo entre os efeitos da precipitação em um telhado verde e em uma cobertura convencional.
Fonte: Lima, 2013.

No Brasil, Tassi et al. (2014), durante monitoramento do uso de cobertura verde no controle quantitativo das águas pluviais, em um período de 17 meses, na região do Rio Grande do Sul, constataram uma redução do escoamento superficial na ordem de 62%. Oliveira (2009), em estudo na cidade do Rio de Janeiro, verificou retenção de até 56% do volume precipitado, retardando a ocorrência do pico de até 8 minutos no telhado vegetado em relação ao telhado convencional com telhas fibrocimento. Enquanto que, Calil et al. (2014), simulando o impacto do uso de CV no escoamento superficial na microbacia urbana do Arroio Esperança, em Santa Maria, RS, demonstram redução de 35,4%.

De acordo com Oliveira (2009), a eficácia relativa ao controle quantitativo do escoamento da água da chuva deve-se a partir do cálculo do coeficiente de escoamento (C), que retrata o percentual do volume pluvial convertido em ES. Dessa forma, valores baixos de C implicam na elevada eficiência do telhado verde na armazenagem de água do regime pluvial, enquanto que, valores mais elevados normalmente estão associados a maiores volumes de chuva.

Cabe apontar que, o estudo das condições de avaliação do ES no telhado verde é altamente influenciado pelo elemento meteorológico da precipitação local. Além disso, o valor do coeficiente de escoamento também varia em função da inclinação da cobertura verde, do tipo de cobertura (extensivo, semi-extensivo ou intensivo), do tamanho da camada do substrato e do tipo de vegetação a ser usado, além da quantidade de água acumulada em sua estrutura no período que precede o evento chuvoso, a chamada umidade antecedente do solo (OLIVEIRA, 2009; SANTOS et al., 2013).

Além disso, a implantação da CV requer alguns cuidados referentes à sua manutenção e a existência de algumas restrições, como, por exemplo, as condições climáticas, a qual requer irrigação frequente ao longo do curso de vida, bem como, o fato de não poder ser implantada em alturas muito elevadas, onde a força do vento seja intensa,

já que a vegetação pode não resistir. Assim como a estrutura do telhado, que precisa ser forte o suficiente para aguentar o peso, das plantas e adubos. Outro fator é a biodiversidade indesejada, onde dependendo do tipo de vegetação, pode ocorrer à proliferação de insetos, entre outros (CRUZ FILHO, 2018).

Contudo, apesar das restrições, o telhado verde ainda é uma ótima opção para diversas problemáticas urbanas, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, e auxiliando na a redução de doenças relacionadas ao ar, clima, enchentes e ajudando na manutenção do balanço hidrológico do centro urbano, podendo reter até 75% da água pluvial e liberando gradualmente a água na atmosfera via condensação e transpiração ao mesmo tempo em que retém poluentes em seu solo (CECCHIN, 2010; CRUZ FILHO, 2018). Dessa forma, entende-se que a viabilidade da construção de telhados verdes, em uma cidade, surge como uma alternativa para solucionar diversos problemas ambientais que são recorrentes nos centros urbanos.

CONCLUSÃO

De maneira geral o estudo demonstrou que a cobertura verde pode ser considerada uma técnica compensatória para o sistema de drenagem pluvial urbana, através dos benefícios relacionados aos componentes do ciclo hidrológico, auxiliando no controle quantitativo do escoamento superficial na superfície urbana, reduzindo o volume das águas pluviais, servindo de instrumento de prevenção a enchentes, ajudando na impermeabilização do solo, no conforto térmico, na qualidade do ar, além de ser uma alternativa sustentável no âmbito da construção civil.

Além disso, foi identificado que este recurso possui alto custo financeiro na sua implementação, e que precisa de alguns cuidados específicos na sua manutenção, porém seus resultados são amplamente compensatórios, quando manejados de forma correta, escolhendo a melhor espécie a ser plantado, tipo de adubo, condições climáticas locais, estrutura do telhado, entre outros. Sendo capaz de trazer vários benefícios por um longo período.

Mediante os resultados, sugere-se que no projeto urbanístico dos centros urbanos ponham-se em prática técnicas e projetos que levem em consideração edificações pautadas na sustentabilidade ambiental, como a implantação de leis municipais, estaduais e federais que subsidiem a efetivação das coberturas verdes no cenário brasileiro, contribuindo com o planejamento e o gerenciamento da qualidade de vida da

população, de modo a evitar problemas com relação aos impactos urbanos sobre o ciclo hidrológico e criando condições cada vez mais próximas das encontradas em ambientes naturais.

Além de um estímulo as políticas públicas, para que incentivem os moradores, engenheiros, arquitetos e construtores a colocarem em prática a CV em edificações já existentes.

AGRADECIMENTOS

Ao suporte oferecido pelo Laboratório de Modelagem Hidroclimática da Amazônia – LabHCAM.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment** (Online), v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14295/holos.v12i2.3054>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

ALBUQUERQUE, M. M.; LOPES, W. G. R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **Ra'e Ga – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 36, p. 38-68, abr. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.39719>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, maio 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

BENINI, R. M.; MENDIONDO, E. M. Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na Bacia do Mineirinho. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 211-222, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.103114>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

BUDEL, M. A. **Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CALIL, V. S.; BERNARDI, E. C. S.; RIGHES, A. A. Impacto da Utilização de Telhados Verdes no escoamento Superficial do Arroio Esperança em Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia**. Série Ciências Naturais e Tecnológicas, v. 15, p. 1-16, 2014.

CASTRO, A.; GOLDENFUM, J. Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano. Agosto de 2008. Disponível em:

<<https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/ESCOAMENTO-SUPERFICIAL-URBANO.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

CECCHIN, M. **Os telhados verdes como alternativa ao meio urbano**. 2010. Disponível em: <www.faculdadedombosco.edu.br>. Acesso em: 12 dez. 2018.

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais** (Online), Blumenau, v. 14, n. 2, ed. esp., p. 50-56, 2012.

CRUZ FILHO, F. L. **Avaliação preliminar da aplicabilidade dos telhados verdes no bairro de Neópolis Natal/RN**, 2018. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. In: ENCONTRO NACIONAL, 4.; ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., São Paulo, 2007. **Anais...** São Paulo, 2007.

GARRIDO NETO, P. S. G. **Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro**: estudo experimental e avaliação de sua adoção na bacia do rio Joana a partir do uso de modelagem matemática. 2016. 344 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C.. Sistemas de drenagem sustentável (SUDS): propostas para a bacia do rio Juvevê, Curitiba-PR. **Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 192-209, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v42i0.47043>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

IAROZINSI NETO, A.; LEITE, M. S. A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção. **Produção**, v. 20, n. 1, jan./mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop_200804040.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2018.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION - IGRA. Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

KAUSHAL, S. S.; GROFFMAN, P. M.; MAYER, P. M.; STRIZ, E.; GOLD, A. J. Effects of Stream Restoration on Denitrification in an Urbanizing Watershed. **Ecological Applications**, v. 18, n. 3, p. 789-804, 2008.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

LIMA, G. C. O. **Avaliação do desempenho de telhados verdes**: capacidade de retenção hídrica e qualidade da água escoada. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de

Pernambuco, CAA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Caruaru, 2013.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M.V.; SILVA, D. F.. Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ** (2007), v. 1, p. 109-119, 2010.

MOHAN, S. M. An overview of particulate dry deposition: measuring methods, deposition velocity and controlling factors. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 387-402, jan. 2016.

MOROMIZATO, F. B.; OLIVEIRA, J. C.; VIEIRA, K. R.; ABRAO, M. V. T.; LIMA, M. B.; SILVA, L. F. G. Telhados Verdes Para Conforto Térmico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO DO IFTO, 7., 2016, Araguatins. **Anais...** 2016. Araguatins, TO: IFTO, 2016. p. 1-9.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social**: retenção das águas pluviais e conforto térmico. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PEITER, T. V.; POLETO, C. Estudos dos efeitos das trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais** (Online), v. 14, n. 2, p. 57-67, 2012.

PEREIRA, P. P.; ITO, A. H. Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, v. 12, n. 1, p. 183-195, 2017. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2254/1651>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

PESSOA, F. S.; FAÇANHA, A. C. Impressões sobre bacia hidrográfica urbana e gestão compartilhada. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 1, n. 2, p. 256-269, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/4042/2128>>. Acesso em: 31 dez. 2018.

ROLA, S. M. **A Naturezação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades**: estudo da capacidade do sistema de naturezação em filtrar a água de chuva. 2008. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ppe.ufri.br/ppp/production/tesis/sylviarola.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

ROSSETI, K. A. C.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Abordagens sistêmicas dos efeitos da implantação dos telhados vegetados. **Brazilian Geographical Journal: geosciences and humanities research medium**, v. 4, p. 55-77, 2013.

SANTOS, P.T. S.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA, G. S. S.; ANTONINO, A. C. D. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. **Ambiente Construído (Online)**, v. 13, p. 161-174, 2013.

SILVA, N. C. Telhado Verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 60 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) –Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

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

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. **Porto Alegre**: ABRH/RHAMA, 2007.

VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. Numerical evaluation of sound propagating over green roofs. **Journal of Sound and Vibration**, n. 317, p. 781-799, 2008.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green Roofs: a critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 740–752, 2016.

WILLES, J. A. Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema. 2014. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. **Atmospheric Environment**, Chicago, v. 42, p. 7266-7273, 2008.