

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

PROJETO DE UMA BIORRENTAÇÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO EM SISTEMA VIÁRIO DA UFSM COMO ESTRUTURA ALTERNATIVA DE MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Renata Celante¹; Rutineia Tassi¹ & Bruna Minetto¹

RESUMO – Em decorrência do processo de crescimento populacional, expansão dos centros urbanos, impermeabilização de superfícies antes permeáveis, surgem problemas relacionados ao manejo das águas pluviais, especialmente em razão da perda de capacidade de armazenamento natural das águas da chuva e comprometimento da qualidade do escoamento. As áreas impermeabilizadas, além de gerarem um aumento no volume de água pluvial que escoam superficialmente, contaminam os corpos d'água, pois à medida em que ocorre o escoamento superficial da água pluvial, esta acaba lavando e incorporando os poluentes presentes nos telhados, ruas e calçadas, sendo posteriormente lançados nos corpos hídricos. Em substituição às estruturas tradicionais de drenagem urbana, que apenas captam e afastam os escoamentos superficiais, estruturas alternativas que são eficientes no tratamento qualitativo e quantitativo das águas pluviais passaram a ser usadas nas últimas décadas, especialmente em países desenvolvidos. Seguindo esta tendência, o objetivo deste trabalho é apresentar o processo de dimensionamento e elaboração de um projeto técnico de uma estrutura de biorretenção para instalação linear junto a um trecho do sistema viário, que está nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O dimensionamento da biorretenção foi realizado através dos métodos: Curva Envelope, LID e BIRENICE. Foi produzido um projeto técnico e paisagístico, que contou com estimativa de custo para a execução da biorretenção dimensionada.

ABSTRACT– As a result of population grown, expansion of the urban centers, imperviousness of previously permeable surfaces, problems related to stormwater management arise mainly due to loss of natural runoff storage capacity and impairment of runoff quality. This poor-quality runoff degrades water bodies, once runoff washes streets and sidewalks which are rich in pollutants. Alternative structures efficient in qualitative and quantitative stormwater treatment have been used in the last decades, especially in developed countries, replacing conventional drainage structures unable to treat runoff. Following this tendency, the main purpose of this study is to present the design process of a bioretention cell to be constructed linearly along a road within Federal University of Santa (UFSM). The dimensioning of the structure was performed by different methodologies, including rain envelope method, LID, and BIRENICE. Additionally, the hydrological study was complemented with technical project and landscaping design, including a cost estimate for the execution of the dimensioned bioretention.

Palavras-Chave – Drenagem viária. Dimensionamento. Estrutura alternativa.

1) Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000- 7, fone: +55 (55) 3220-8000 , renata.celante@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Devido ao processo de urbanização ocorrem diversas mudanças na dinâmica existente entre topografia, geologia e vegetação das áreas, sendo estes os elementos responsáveis por caracterizar o regime hidrológico de uma região. A mudança no regime hidrológico como resultado da urbanização e, conseqüentemente, aumento de áreas impermeáveis, implica em alterações na característica do escoamento, como o aumento do volume de escoamento superficial, aumento da frequência de alagamentos, aumento das vazões de pico, redução da infiltração e recarga do lençol freático, modificação no padrão do fluxo de escoamento, tempo menor para que o evento de chuva alcance a vazão de pico, entre outros (PGDER, 1999).

A primeira técnica encontrada para a solução destes inconvenientes foi a construção de sistemas eficientes na captação e afastamento rápido dos escoamentos superficiais. Porém, com o passar do tempo, notou-se que soluções como essa apenas transferem o problema de um lugar para o outro, sendo que as inundações se agravarão a jusante (TASSI et al., 2014).

Conforme Baptista et al. (2011), a partir dos anos 1970, começaram a ser desenvolvidas na Europa e América do Norte, novas técnicas chamadas de “tecnologias alternativas” ou “compensatórias”, que são abordagens diferenciadas para a resolução de problemas de drenagem urbana. Este tipo de técnica busca minimizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, beneficiando a qualidade de vida da população e a preservação ambiental.

Nesse sentido, as novas estruturas foram desenvolvidas com o propósito de mitigar os efeitos da impermeabilização do solo, e conseqüente aumento do escoamento superficial nas áreas urbanas. Estruturas como bacias ou reservatórios de detenção, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, telhados verdes, e os sistemas de biorretenção são exemplos dessas práticas. Entretanto, essas novas técnicas foram estudadas e desenvolvidas em sua maioria nos países da América do Norte e Europa, fazendo com que a aplicação das mesmas no Brasil ainda é incipiente. No sentido de mudança de paradigma de projetos convencionais para os sistemas de drenagem pluvial, este trabalho teve como objetivo dimensionar e produzir o projeto técnico para a implementação de um sistema de biorretenção linear a ser implementado junto a um sistema viário no campus da UFSM, em substituição a um sistema convencional de drenagem das águas pluviais.

2. METODOLOGIA

O sistema com estrutura de biorretenção será implementado no Campus Sede da UFSM, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Na Figura 1 é possível analisar na parte central da imagem o local onde será executado o sistema viário (rua). Esta rua está localizada entre duas edificações destinadas aos estudantes universitários, e a biorretenção receberá o escoamento da rua e

calçada (a prefeitura do Campus da UFSM forneceu as diretrizes de largura de rua e calçada), dividida em diferentes segmentos, delimitados por rampas de acesso a cadeirantes.



Figura 1- Imagem do local onde será implementado o sistema viário.

A biorretenção ficará exposta ao clima de Santa Maria que, de acordo com Rosatto (2011), enquadra-se como sendo mesotérmico brando, com médias anuais entre 16°C e 20°C. As precipitações são regulares durante o ano todo, não apresentando estação seca, com índice pluviométrico mensal médio de 141,49 mm, e umidade relativa média do ar em 76,38% (FACCO et al., 2012).

2.1 Caracterização do solo

As biorretenções são sistemas cujo funcionamento ocorre por processos de retenção e infiltração; assim, é de extrema importância que seja feita uma análise das características do solo no local de estudo antes da etapa de dimensionamento. Neste trabalho, o solo do local foi caracterizado segundo suas características de granulometria, textura, infiltração e classificação hidrológica.

De acordo com ensaio realizado conforme a NBR 7181 (ABNT, 1984), a granulometria do solo do local possui 2,8% de argila, 21,41% de silte e 73,38% de areia, sendo assim classificado com a textura Franco-Arenosa (CAUDURO E DORFMAN, 1990).

Para caracterização das condições de infiltração do solo no local foram realizados dois ensaios: com cilindros concêntricos e de poço invertido, conforme NBR 13969 (ABNT, 1997). O primeiro ensaio fornece uma caracterização relacionada à infiltração a partir da superfície, enquanto o segundo permite avaliar a infiltração de forma mais semelhante ao que ocorre em sistemas como biorretenções. Os resultados obtidos para taxa de infiltração de saturação foram 30 mm.h⁻¹ e 33 mm.h⁻¹, para o ensaio superficial e profundo, respectivamente, sendo usado neste trabalho a taxa de infiltração média dos dois ensaios de 31,5 mm.h⁻¹.

Finalmente, foi realizada a análise da classificação hidrológica do solo deste estudo que, de acordo com o valor médio da taxa de infiltração, enquadra-se no Grupo Hidrológico A, caracterizando um solo com alta taxa de infiltração básica. Porém, por questões de segurança, para fins de dimensionamento da biorretenção, o solo local foi considerado do Grupo Hidrológico B, em razão da alta heterogeneidade do solo na região e, também, porque boa parte do solo no interior da UFSM possui características pertencentes a este grupo.

2.2 Métodos de dimensionamento

As metodologias utilizadas para o dimensionamento da estrutura foram: método da curva envelope (IPH-DEP/POA, 2005), LID Hydrologic Analysis (SCS, 1986) e BIRENICE (ROSA, 2016).

Método da curva envelope

O método da curva envelope (rain-envelope-method) baseia-se na determinação dos volumes acumulados de entrada e de saída gerados na estrutura a ser dimensionada pelo recebimento de certa quantia de escoamento. O volume de escoamento que a estrutura será capaz de armazenar pode ser definida pela máxima diferença entre os volumes acumulados na entrada e na saída do sistema. Para obter o volume de armazenamento, plota-se simultaneamente a curva de escoamento superficial acumulado e a infiltração acumulada, sendo que a máxima diferença entre as duas curvas representará o volume que a estrutura deverá ter.

Método LID

O conceito do dimensionamento de estruturas compensatórias pelo método LID é baseado na determinação do volume a ser armazenado na biorretenção, obtido a partir da diferença do hidrograma produzido por um método convencional de manejo das águas pluviais, e aquele produzido por um método de baixo impacto, que neste trabalho foram chamados de condições de pré e pós-desenvolvimento, respectivamente. As condições de pré-desenvolvimento dizem respeito às condições atuais do solo no local, já as de pós-desenvolvimento dizem respeito à cobertura do solo após a construção do sistema viário e a calçada de pedestres.

Para construção dos hidrogramas, a chuva efetiva é calculada através do método CN-SCS, em que é necessária a definição dos valores de CN para as duas condições. Para o pré-desenvolvimento foi utilizado o CN 61, valor escolhido após consulta em tabelas de CN (TUCCI, 2012), considerando o uso de espaços abertos, relvados, parques, campos, boas condições de relva em mais de 75% da área, e solo do grupo hidrológico B. No pós-desenvolvimento o valor de CN foi definido como sendo 91, seguindo valores indicados para solos com cobertura de pavimentos (ARAÚJO et al., 2000).

BIRENICE

A metodologia BIRENICE (ROSA, 2016) também foi escolhida, pois a mesma foi desenvolvida para sistemas de biorretenções no Brasil. Similarmente ao método LID, no método BIRENICE é realizada a determinação do volume de armazenamento da estrutura, a partir da diferença entre os volumes de pós-desenvolvimento e de pré-desenvolvimento, utilizando o CN para determinação da chuva efetiva. Os valores de CN para as duas condições foram os mesmos utilizados na metodologia LID. Descrições detalhadas dos métodos não são apresentadas aqui, em razão do espaço, mas podem ser obtidas nos trabalhos originais.

Como padrão, para posterior comparação, as três metodologias foram aplicadas para uma chuva de 1 hora de duração (P1H) e para uma chuva de 24 horas de duração (P24H), com exceção da aplicação da metodologia da curva envelope, em que aplicam durações variáveis para a análise da máxima diferença das curvas de volume de entrada e volume de saída.

A porosidade de preenchimento da estrutura foi de 37%, obtido a partir de uma média ponderada de valores sugeridos por Tucci (2012) quanto ao tipo de material, e espessura de sua camada. A área de contribuição a cada segmento de biorretenção é de 50 m² (compreendendo à área da via a montante da entrada de cada segmento de biorretenção até o eixo central do sistema viário, mais a área da calçada de pedestres).

2.3 Estimativa de custos

A estimativa de custos foi realizada com base no levantamento quantitativo de material necessário à execução do sistema de biorretenção, juntamente com a mão de obra, incluindo: escavação, carga, transporte e assentamento de tubulação. Os preços unitários dos materiais e mão de obra foram obtidos na tabela SINAPI de outubro de 2017, para o estado do Rio Grande do Sul.

3. RESULTADOS

3.1 Dimensionamento

Curva envelope

Na Figura 2 é apresentado o resultado gráfico do dimensionamento através da curva envelope. O que se verifica é que a máxima diferença encontrada pelo método não ocorre para a P1H e nem para a P24H. A máxima diferença ocorre em 6 horas e 51 minutos, o que caracteriza um volume de armazenamento de 3,91 m³. Considerando a porosidade do material de preenchimento, o volume da estrutura deve ser 10,58 m³ para a máxima diferença.

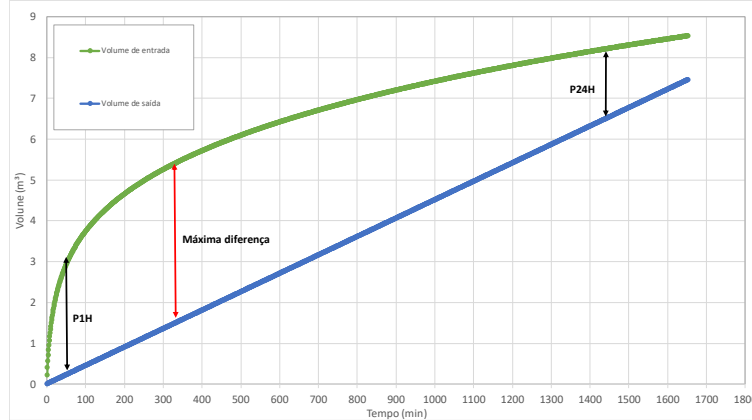


Figura 2- Resultado gráfico do dimensionamento através da curva envelope.

LID

Os hidrogramas resultantes P1H e P24H, são apresentados nas Figuras 3a e Figura 3b, respectivamente. De acordo com este método, o volume a ser armazenado na biorretenção é obtido a partir da subtração dos volumes dos hidrogramas de pós e pré-desenvolvimento, mais o volume até a vazão de pico do hidrograma de pré-desenvolvimento, dividido pela porosidade do solo. Assim, os volumes encontrados são: $4,6 \text{ m}^3$ para P1H e $11,7 \text{ m}^3$ para a P24H.

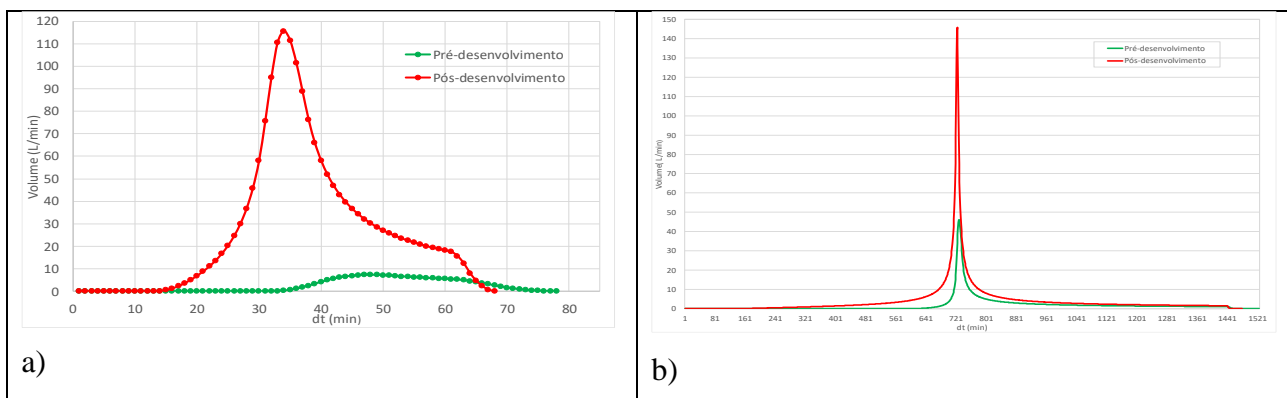


Figura 3- Hidrograma resultante para P1H (a) e P24H (b).

BIRENICE

Para este método, os resultados dos volumes a serem armazenados, já considerando a porosidade de preenchimento de 37%, são de $4,5 \text{ m}^3$ (P1H) e $10,2 \text{ m}^3$ (P24H).

3.2 Variabilidade das dimensões finais

Na Tabela 1 são apresentados os volumes finais de dimensionamento obtidos a partir das três metodologias aplicadas. Conforme se verifica, o método da curva envelope resultou na maior estrutura para chuvas com duração de 1 hora, enquanto o método LID resultou na maior estrutura para chuvas com 24 horas. Em geral, os métodos LID e BIRENICE resultaram em estruturas com dimensões muito aproximadas.

De posse dessas informações, o projeto final da biorretenção necessitou ser adaptado ao espaço físico limitado, que foi disponibilizado pela prefeitura do Campus (Pró-Reitoria de Infraestrutura da

UFSM - PROINFA) para a implementação das estruturas. Assim, em função das diretrizes, as dimensões finais da estrutura de biorretenção foram definidas, juntamente com a equipe de técnicos da PROINFRA, em: 1 metro de profundidade, 0,7 metros de largura e 6,5 metros de comprimento (segmento definido em função das rampas de acesso), como pode ser observado na Figura 4. Deste modo, o volume final destinado à estrutura foi de 4,55 m³, que compreende um volume intermediário ao volume obtido nas metodologias LID e BIRENICE para a P1H e tempo de retorno de 10 anos, e bastante semelhante ao valor encontrado para uma chuva de 24 horas de duração no método da curva envelope.

Tabela 1- Síntese dos resultados do dimensionamento.

Metodologia	Volumes (m ³)	
	P1H	P24H
Curva envelope	7,7	4,6
LID	4,6	11,7
BIRENICE	4,5	10,2

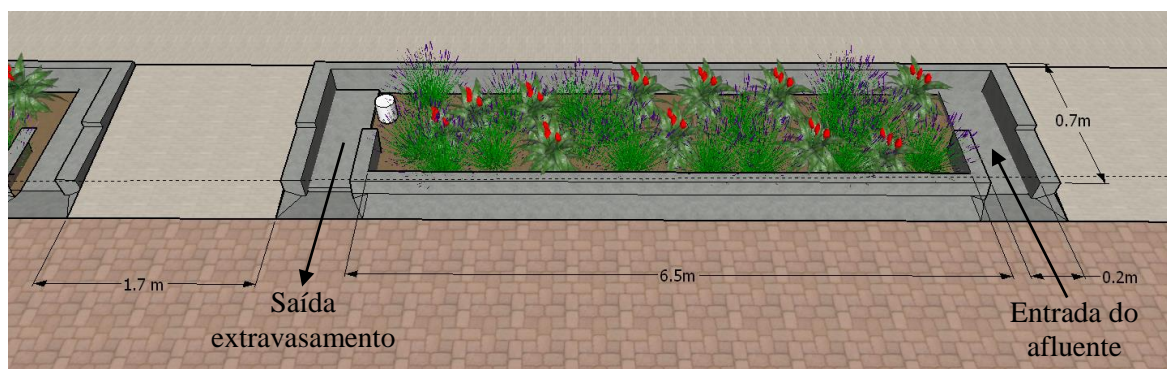


Figura 4- Vista frontal da estrutura de biorretenção projetada para o sistema viário de rua interna na UFSM.

A biorretenção idealizada para este projeto foi projetada e será construída paralelamente à calçada de pedestres, intercalada por acessos a cadeirantes. O escoamento ocorrerá junto à sarjeta e afluirá à biorretenção por meio de uma abertura lateral rebaixada, onde o afluente é direcionado para dentro da estrutura, conforme Figura 4. No total, serão construídas 8 células de biorretenção em cada lado da rua que possui uma extensão de aproximadamente 95 metros, totalizando 16 estruturas ao longo de toda via, o extremo de jusante da biorretenção terá uma estrutura que permite o extravasamento, caso o evento chuvoso ultrapasse o de projeto, ou alguma falha de operação ocorra. Por questões de segurança, junto ao fundo das biorretenções também foram incluídos tubos de drenagem de PVC, que se conectam após cada segmento, e contribuem a jusante, para um sistema de drenagem convencional já existente.

3.3 Estimativa de custos

Na Tabela 2 é apresentada a estimativa de custos para a implementação do sistema de drenagem com os segmentos de biorretenção ao longo da via.

Tabela 21- Levantamento quantitativo e orçamento estrutural.

Material	Unidade	Código SINAPI	Valor unitário (R\$)	Quantidade por estrutura	Custo (R\$)
Geotêxtil	m ²	4013	4,10	21,95	90,00
PVC DN 150 mm	m	20073	36,99	6	221,94
PVC DN 100 mm	m	20072	17,82	1,2	21,38
PVC DN 75 mm	m	20071	10,42	4	41,68
Brita 2	m ³	4718	45,00	0,91	40,95
Adubo Orgânico	m ³	38125	22,50	0,8	18,00
Meio fio concreto (80cmx30x12)	un	4061	15,20	19	288,80
Areia Grossa	m ³	367	50,00	0,455	22,75
CAP PVC DN 100	un	1200	5,66	1	29,54
Junção Simples PVC DN 150X75mm	un	3660	14,93	1	14,93
Vegetação	Média por estrutura				156,40
Mão de Obra (escavação, carga, transporte, assentamento da tubulação)					5.607,63
Preço total (16 unidades)					R\$ 20.749,53

O custo total para a implementação das 16 biorretenções foi estimado (em Outubro de 2017) em aproximadamente R\$ 20.749,53, sendo que deste total, aproximadamente 27% são relativos a mão de obra, e 73% se referem aos materiais utilizados na construção da estrutura.

Um ponto interessante a ser levantado é a diferença de valores um tanto expressiva observada na tabela SINAPI quanto ao assentamento das tubulações. O assentamento de uma tubulação de PVC DN 150 mm custa em média R\$ 21,42/m, já para um tubo de concreto de 300 mm (diâmetro que seria utilizado na drenagem pluvial convencional da via) o custo é de R\$ 125,15/m, valor quase 6 vezes maior que o assentamento de uma tubulação de PVC DN 150mm.

4. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou as dimensões resultantes para estruturas de biorretenção implantadas ao longo de uma via no interior da Universidade Federal de Santa Maria. Para fins de dimensionamento, foram utilizados os métodos da curva-envelope, LID e BIRENICE. Esses métodos resultaram em diferentes volumes da estrutura de biorretenção, sendo os volumes finais da estrutura obtidos através do LID e BIRENICE muito próximos, tanto para a chuva de uma hora quanto para a chuva de 24 horas de duração.

Devido ao espaço físico limitado disponibilizado para a construção da estrutura de biorretenção, o volume da estrutura foi adaptado às condições do local, sendo assim o volume final

compreende um valor intermediário entre os resultados do LID e BIRENICE sugerindo, portanto, que a estrutura será capaz de retomar as condições hidrológicas de pré-desenvolvimento, uma vez que tais metodologias são fundamentadas neste propósito.

Ainda, foi possível analisar, a partir da estimativa de custos da construção das células de biorretenção, que os custos relacionados à instalação deste tipo de estrutura representa um valor significativamente inferior ao assentamento de tubulações de drenagem pluvial comumente utilizadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- NBR 13969/97. (1997). *Norma técnica: Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos...*, [S.l.:s.n.].

_____. *NBR 7181/1984*. (1984). *Solo-Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro, RJ:ABNT.

BAPTISTA, M. B.; DE OLIVEIRA NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2011). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. (1990). *Manual de Ensaios de Laboratório de Campos para irrigação Drenagem*. Porto Alegre: PRONI: IPH-UFRGS.

DE ARAÚJO, P, R.; TUCCI, C. E; GOLDENFUM, J, A.(2000). *Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial*. Braz. J. Water Resour, 5(3), 21-29.

FACCO, R.; DO NASCIMENTO, V. B. (2012). *Variabilidade de temperaturas médias mensais em Santa Maria/RS no período de 2004/2011*. Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4. p.1103-1110.

IPH-DEP/POA. (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana. Departamento de Esgotos Pluviais PDDU*. Porto Alegre: UFRGS.

PGDER. (1999). *Low-Impact Development Hydrologic Analysis*. Prince George's County Department of Environmental Resources. Programs and Planning Division.

PONCE, V.M.; HAWKINS, R.H. (1996). *Runoff curve number: Has it reached maturity?*. Journal of hydrologic engineering, v. 1, n. 1, p. 11-19.

ROSA, A. (2016). *Bioretention for diffuse pollution control in SUDS using experimental-adaptive approaches of ecohydrology*. Tese doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos.

ROSSATO, M. S. (2011). *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia*. Tese doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCS. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Technical Release 55, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Engineering Division, Washington, DC.

TASSI, R.; DA SILVA TASSINARI, L. C.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. (2014). *Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais*. Ambiente Construído, v. 14, n. 1, pp. 139–154.

TUCCI, C. E. (2012). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da.