



Associação de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



II Congreso de Agua Ambiente y Energía, AUGM

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO EM CIDADE UNIVERSITÁRIA

Paula Fensterseifer ^a, David L. Moreira ^b, Rutinéia Tassi ^c, Daniel G. Allasia ^d

^a *Universidade Federal de Santa Maria, Brazil, paula.fens@gmail.com.*

^b *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, davidmoreira@gmail.com.*

^c *Universidade Federal de Santa Maria, Brazil, rutineia@gmail.com.*

^d *Universidade Federal de Santa Maria, Brazil, dga@gmail.com.*

RESUMO: Sistemas de drenagem comuns sugerem a rápida remoção da água do meio urbano, causando problemas como inundações a jusante e contaminação dos corpos hídricos receptores. Buscando uma mudança de paradigma na concepção de obras de drenagem urbana, métodos alternativos passaram a ser adotados e o conceito de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (do inglês *Low Impact Development – LID*) surgiu. Essa estratégia visa gerir as águas pluviais próximo a sua fonte de origem, gerando o menor impacto possível. Nesse artigo, é apresentada a aplicação do conceito LID para a gestão das águas pluviais da Cidade Universitária da Universidade Federal de Santa Maria, no sul do Brasil. O modelo SWMM foi utilizado no estudo com a finalidade de avaliar dois cenários, um real e um ideal. No cenário real foi considerado o sistema de drenagem convencional; e no ideal, foram incluídas estratégias de drenagem de baixo impacto (pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e células de biorretenção). Os resultados das simulações demonstram que é possível reduzir em até 30% no volume superficial escoado com a adoção das técnicas LID. Nesse contexto, destaca-se a efetividade dos pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração na redução do volume de escoamento superficial gerado. As biorretenções obtiveram desempenho abaixo do esperado nesta configuração.

PALABRAS CLAVE: Low Impact Development; SWMM; Escoamento superficial.

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tradicional envolve impermeabilização do solo, retirada da vegetação local e construção de estruturas impermeáveis. Esses fatores podem alterar o ciclo hidrológico natural, que mantém seu balanço através dos processos de precipitação, infiltração e a evapotranspiração (CIRIA, 2015). A alteração do ciclo hidrológico pode gerar consequências, como o aumento dos picos e vazões de escoamento em locais onde ocorre a impermeabilização da superfície (Neto, 2010). Estima-se que a taxa de aumento das áreas impermeáveis no mundo tenha excedido o crescimento populacional em 500% desde 1970 (UACDC, 2010). No caso de áreas pavimentadas, essas representaram cerca de 30 a 45% da cobertura do solo urbano (USEPA, 2014).

Historicamente, as mudanças no balanço hidrológico em centros urbanos são contornadas com a construção de sistemas de drenagem que conduzem a água para fora das áreas de maior interesse social e econômico de forma rápida (CIRIA, 2015). Entretanto, tais medidas são apenas mitigadoras e não solucionam efetivamente o problema, mas sim, o transfere para regiões a jusante da bacia, possibilitando inundações e a contaminação dos corpos hídricos receptores (Tucci, 1995).

Uma evolução conceitual na drenagem urbana passou a ocorrer nas décadas de 1980 e 1990, principalmente em países desenvolvidos (Fletcher et al., 2014). Nesse contexto, algumas estratégias podem ser adotadas com a finalidade de reduzir os impactos negativos da impermeabilização das superfícies nas áreas urbanas. Em áreas onde o desenvolvimento urbano ainda não está consolidado, uma opção de sistema alternativo são as técnicas conhecidas como LID - *Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto). Essa estratégia reúne técnicas que realizam o controle pluvial junto à fonte onde é gerado, minimizando (ou mesmo a eliminando) os volumes e vazões escoados superficialmente, visando a menor geração de impacto possível devido à impermeabilização do solo (Tassi et al., 2014).

Neste estudo, através de modelagem hidrológica, os autores verificaram o volume de escoamento pluvial superficial gerado na Cidade Universitária do Campus Sede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no sul do Brasil. Para isso, foi utilizado o Modelo de Gestão de Drenagem Urbana (*Storm Water Management Model* – SWMM) com aplicação de dois diferentes cenários. O primeiro cenário é caracterizado pela situação real do Campus e seu volume de escoamento pluvial superficial foi comparado com os volumes gerados em um cenário ideal, no qual foram adicionadas técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto – LID. As técnicas escolhidas para a simulação são pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração e células de biorretenção.

2 METODOLOGIA

O Campus Sede da UFSM é uma Cidade Universitária localizada em Santa Maria, no sul do Brasil. O campus, tem área de 1128.6 ha, e pode ser dividido em duas bacias hidrográficas. A região onde se encontra a Cidade Universitária possui uma área aproximada de 558 ha. Esta área, especificamente, foi dividida em sub-bacias delimitadas conforme a topografia local, ou conforme o traçado das ruas e avenidas que constituem caminhos artificiais de drenagem.

No estudo foi avaliado qual seria o benefício ambiental obtido em termos de redução de volume de escoamento pluvial, se o Campus implementasse estratégias LID. Para isso, foi realizada a divisão da área do Campus em sub-bacias, e identificado o potencial de aplicação de diferentes estratégias LID em cada área. Posteriormente, foram realizadas modelagens hidrológicas utilizando-se o modelo SWMM, de forma a identificar as reduções dos volumes de escoamento para diferentes chuvas de projeto. A seguir esses procedimentos são apresentados com maior detalhe.

2.1 Caracterização da área de estudo

Para a realização da análise da área, foram utilizadas imagens de satélite e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em conjunto com mapas de curvas de nível do terreno, cedido pela Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFSM (PROINFRA). Com as imagens processadas, utilizando-se software de desenho assistido por computador (CAD), foi possível medir a região trabalhada e dividi-la em 19 sub-bacias.

Para o processo de modelagem no SWMM, algumas características físicas sobre a bacia devem ser informadas aos software. Como as sub-bacias não apresentam um valor único de inclinação, foi realizada aplicação da média ponderada de todos os valores, conforme indicado por USEPA (2015). Adicionalmente, o percentual de impermeabilidade foi obtido por análise em SIG, e é referente à parcela do terreno ocupada por estruturas que não promovam a infiltração direta da água no solo, como edificações e estradas.

Após calibração e validação do modelo hidrológico SWMM com inserção de dados reais de precipitação da região, as simulações foram realizadas. As chuvas de projeto possuem tempos de retorno de 2, 5 e 10 anos (TR 2, TR 5 e TR 10, respectivamente) e duração de 2 horas. Para tal, foi

utilizada a Equação 1, de Intensidade – Duração – Frequência (IDF), desenvolvida por Roman (2015) para o município de Santa Maria. A distribuição temporal dos eventos de projeto foi feita a partir do Método dos Blocos Alternados, com intervalos de tempo de 5 minutos e com a posição do pico de chuva em 50% da duração do evento. A Figura 1 apresenta o hietograma referente às chuvas de projeto com duração de 2 horas.

$$i = \frac{870,289 \times Tr^{0,1632}}{(t + 8,76)^{0,7258}} \quad (1)$$

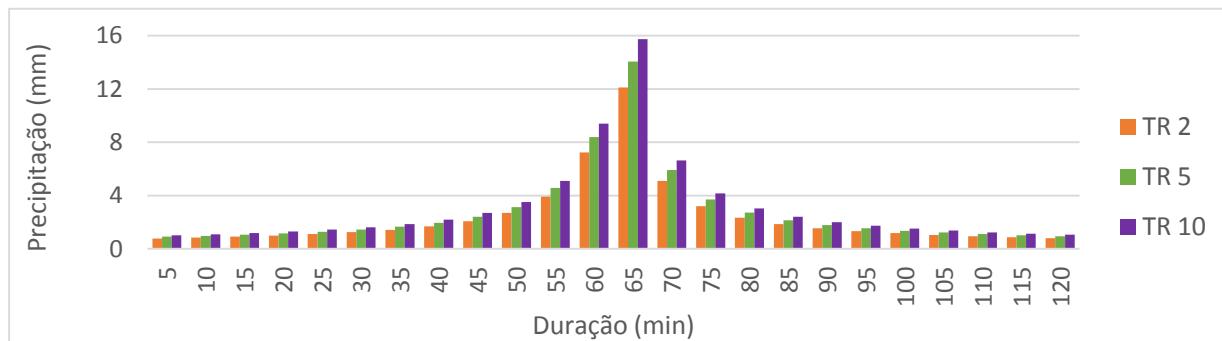


Figura 1. Hietograma de uma chuva de projeto com duração de 2 horas para tempo de retorno de 2 anos (TR 2), 5 anos (TR 5) e 10 anos (TR 10)

O método de infiltração escolhido para as simulações foi o do número da curva de escoamento superficial (CN), do SCS, desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). O valor de CN varia conforme o grupo hidrológico do solo, sua ocupação e a condição de umidade antecedente (NRCS, 2009). Assim, com relação à ocupação de solo, considerou-se toda a região do campus como uma área urbana totalmente desenvolvida, com vegetação já estabilizada e majoritariamente rasteira, conforme características reais.

Para a determinação do coeficiente de rugosidade das áreas permeáveis e impermeáveis, utilizou-se a média ponderada dos valores referentes a cada tipo de ocupação, sendo os coeficientes utilizados extraídos de Chow (1959). O armazenamento de água em suas depressões (*Depression Storage*), parâmetro do SWMM, em ambas porções permeável e impermeável, foram obtidos, também, a partir de médias ponderadas considerando as áreas referentes a cada tipo de ocupação dentro das sub-bacias. Os valores foram extraídos de USEPA (2015). Por fim, a porcentagem da área impermeável sem armazenamento de água em suas depressões foi fixada em 25% para todas as sub-bacias, seguindo a recomendação de USEPA (2009). Essa porção representa as áreas da sub-bacia que não permitem o alagamento, como as parcelas das ruas próximas às sarjetas, pavimentos novos e telhados que drenem diretamente para as sarjetas.

2.2 Cenários de simulação

Neste trabalho foram considerados dois grandes cenários de simulação. O primeiro caracteriza a configuração atual do campus sede da UFSM, onde foi considerado que todo escoamento superficial gerado é direcionado diretamente à rede de drenagem pluvial existente. E o segundo cenário se refere a uma configuração fictícia, porém ideal para a área de estudo, onde técnicas de LID foram adotadas. A partir do cenários, foi simulando o comportamento das sub-bacias em função de diferentes chuvas de projeto para posterior comparação dos volumes de escoamento superficial gerados. A porção inicialmente saturada de cada técnica LID assumida foi de 0%.

3 RESULTADOS

3.1 Cenários de projeto

A partir do uso do método para divisão da área total do campus em sub-bacias, foram criadas 19 sub-bacias diferentes, a fim de se obter uma satisfatória discretização da área de estudo. Porém, nesse trabalho serão apresentados somente os resultados referentes à sub-bacia de número 11.

O posicionamento de cada técnica na sub-bacia 11 foi feito de modo que todos os prédios tivessem seu escoamento superficial direcionado a uma célula de biorretenção, conforme a disponibilidade de área. As trincheiras de infiltração foram posicionadas lateralmente às vias de tráfego que não possuísem calçamento permeável prévio. Os pavimentos permeáveis foram utilizados apenas em estacionamentos, em vista de possibilitar o tráfego de veículos pesados nas vias. Na Figura 2 estão apresentadas as 19 sub-bacias dentro do campus e os cenários trabalhados na sub-bacia 11.

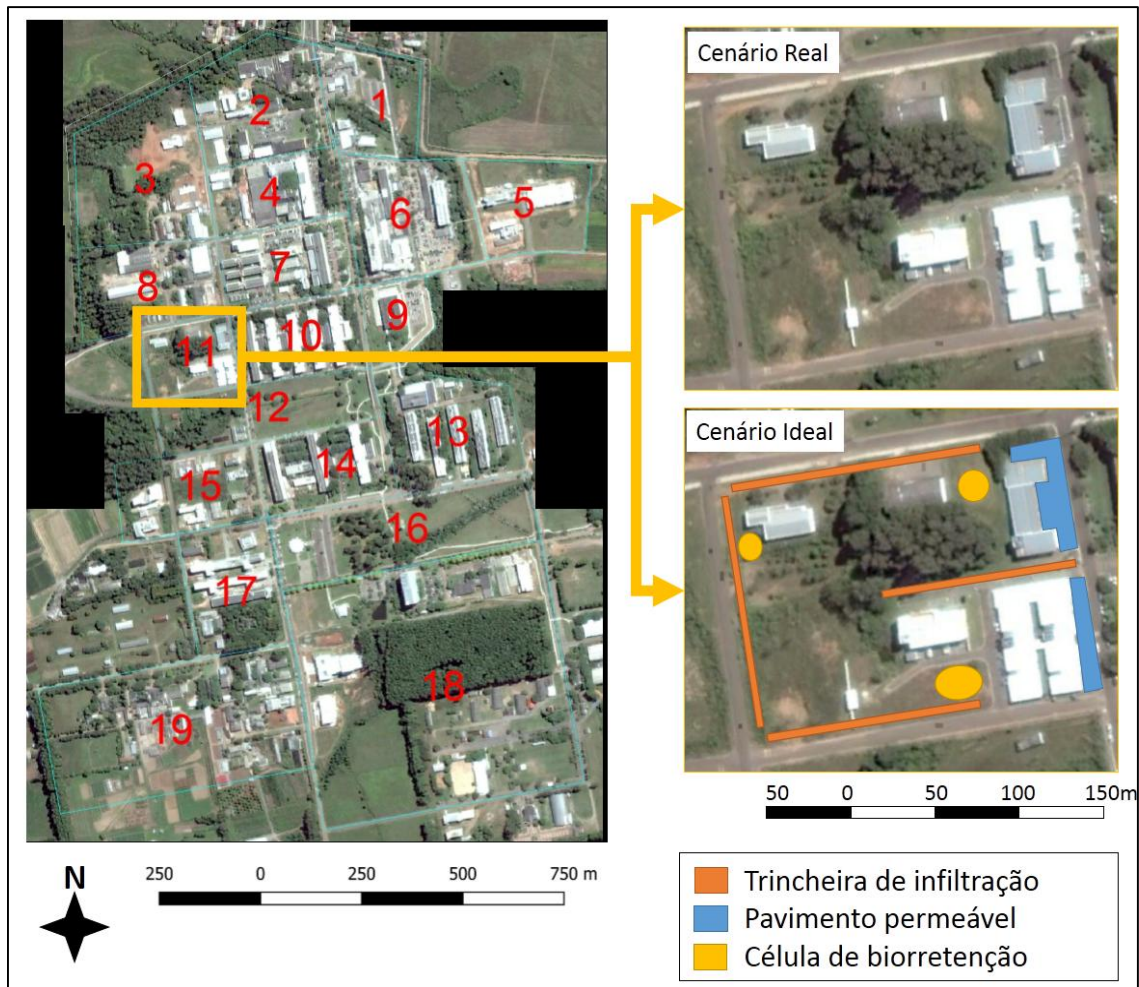


Figura 2. Representação das 19 sub-bacias dentro da área da UFSM (esquerda) com enfoque nos cenários real e ideal da sub-bacia 11 (direita) (Fonte: Adaptado de Google Earth)

Os dispositivos de biorretenção tiveram seu tamanho igualado a 2% de toda área impermeável a ser drenada para eles, podendo assim compor de maneira harmônica o espaço onde estão inseridos (CIRIA, 2015). As áreas das trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis apresentam

variabilidade de acordo com o seu posicionamento nas sub-bacias. A largura de superfície adotada para as células de biorretenção é de 10.0 m (CIRIA, 2015) e 1.5 m para trincheiras de infiltração (UACDC, 2010).

3.2 Chuva de projeto com duração de 2 horas (TR2, TR5 e TR10)

Os resultados obtidos a partir das simulações realizadas para a bacia com chuvas de projeto com duração de 2 anos e tempo de retorno de 2, 5 e 10 anos, estão apresentados nos hidrogramas presentes nas Figuras 3. O cenário real foi nomeado pelo tempo de retorno e o cenário ideal foi nomeado pelo período de retorno adicionando-se a palavra LID.

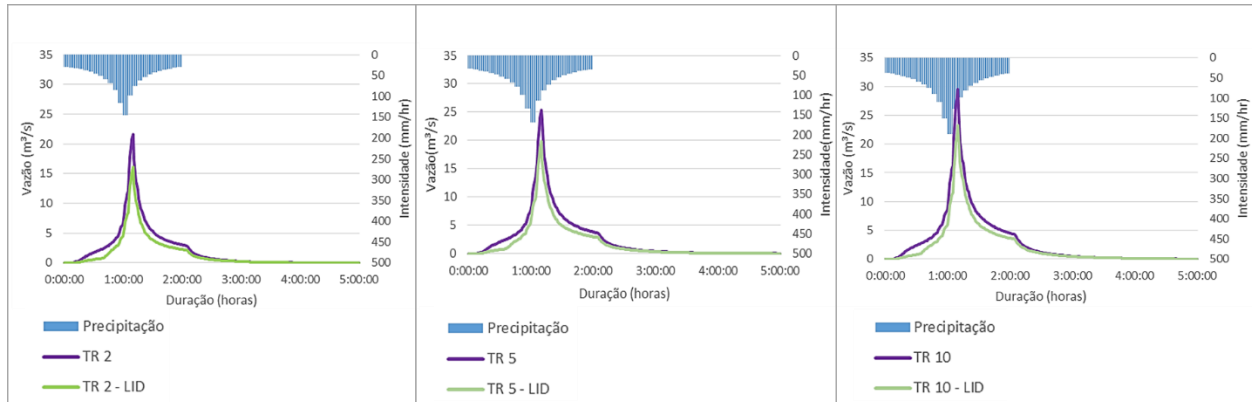


Figura 3. Hidrogramas da bacia 11 para uma chuva de projeto com duração de 2 horas para TR2, TR5 e TR10

Os resultados das simulações demonstram que, para uma chuva com tempo de retorno de 2 anos, houve redução de 30% no volume superficial escoado após a adoção das técnicas LID (de 37720 m³ no cenário real para 26340 m³ no cenário ideal). Do mesmo modo, para precipitação com tempo de retorno de 5 anos, a redução foi na ordem dos 27% (de 46260 m³ para 33760 m³) e com tempo de retorno de 10 anos, houve redução de 24.6% no volume total escoado (de 54010 m³ para 40700 m³). Na Figura 4 podem ser observados os volumes de escoamento acumulado em cada uma das 19 sub-bacias.

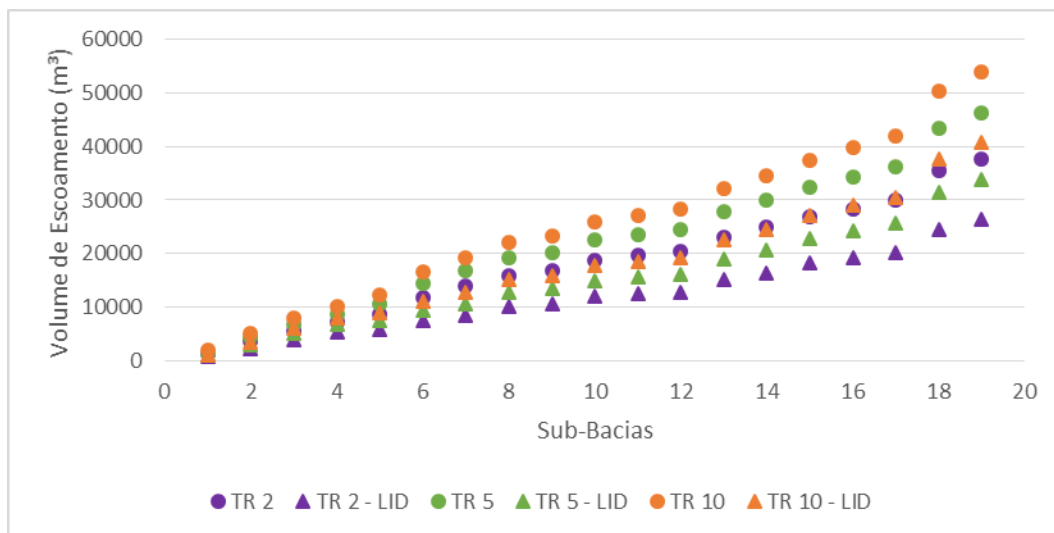


Figura 4. Gráfico dos volumes de escoamento acumulados da bacia para chuvas de projeto com duração de 2 horas

O gráfico da Figura 4 apresenta os volumes de escoamento acumulado em cada uma das 19 sub-bacias para chuvas com tempo de retorno de 2, 5 e 10 anos nos dois cenários. Na imagem é possível observar que o escoamento gerado em uma chuva TR2 para o cenário sem LID, é muito similar ao escoamento de uma chuva TR10 no mesmo cenário, porém com LID.

4 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados referentes à diminuição do volume de escoamento superficial gerado em toda área de estudo foram satisfatórios e comprovam a relevância da adoção de técnicas de engenharia para desenvolvimento urbano de baixo impacto. No entanto, como a análise é preliminar e executada unicamente através de imagens de satélite, os dados, apesar de condizentes com a realidade, talvez não sejam suficientemente precisos para aplicações em um projeto real de engenharia.

Quanto à eficiência das técnicas LID, as células de biorretenção não drenaram satisfatoriamente as chuvas de projeto, demonstrando resultados abaixo do esperado. Por outro lado, as trincheiras de infiltração apresentaram-se como boa alternativa para as chuvas de durações reduzidas, porém, perdendo parte da sua efetividade para eventos mais longos. Os pavimento permeável apresentaram um comportamento mais satisfatório dentre todas as técnicas simuladas, condizendo com a previsão inicial.

5 REFERENCIAS

- CIRIA. (2015). *The SuDS Manual*. London, UK: department for environmental food and rural affairs.
- Chow, V. T. Open-channel hydraulics. New York, NY: McGraw-Hill. 1959. 680p
- Fletcher, T. D. et al.. (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*. 12(7), 525-542. doi: 10.1080/1573062X.2014.916314.
- Neto, A. C. (2010). *Sistemas urbanos de drenagem*. ANA. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>.
- NRCS, Natural Resources Conservation Service. (2009). *Hydrologic Soil Groups*. Washington, DC: United States Department of Agriculture.
- Roman, C. A. (2015). *Controle da drenagem na fonte e sua compatibilização ao plano municipal de saneamento ambiental de Santa Maria* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria.
- Tassi, R. et al.. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, 14(1), 139–154. doi: 10.1590/S1678-86212014000100012.
- Tucci, C. E. M. (1995). *Drenagem Urbana*, org. por Tucci, C. E. M.; Porto, R. L.; Barros, M. T. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- UACDC, University of Arkansas Community Design Center. (2010). *Low Impact Development: a design manual for urban areas*. Fayetteville, AR: University of Arkansas Press.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency. (2009). *Storm Water Management Model Applications Manual*. Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency. (2014). *Cool pavements Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development.