

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM UMA BACIA URBANIZADA FECHADA

*Guilherme José da Silva Diniz<sup>1</sup>; Ada Cristina Scudelari<sup>2</sup> & Joana Darc Freire de Medeiros<sup>3</sup>*

**Resumo:** A impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização em bacias hidrográficas tem como principal consequência a modificação do regime hidrológico, resultando em excesso de escoamento superficial. A introdução de sistemas de drenagem urbana tornou-se essencial para mitigação dos transtornos causados no ambiente urbano decorrentes deste escoamento excessivo. Devido às falhas dos sistemas convencionais baseados em concreto, soluções sustentáveis, como a adoção de técnicas compensatórias, têm demonstrado um bom desempenho no controle de inundações urbanas, sendo uma alternativa interessante em bacias urbanas fechadas, onde são formados grandes pontos centrais de alagamentos. Contudo, o alto nível de urbanização não planejada existente em bacias urbanizadas dificulta a implantação destas técnicas pela falta de espaços livres, o que deve ser considerado na análise do desempenho hidrológico destas soluções. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é identificar áreas com potencial de implantação de técnicas compensatórias em uma bacia urbanizada do tipo fechada. A bacia escolhida para análise localiza-se na cidade de Natal/RN, cujo padrão de ocupação do solo foi obtido com base na malha digital georreferenciada da cidade. Foram identificadas seis classes de ocupação do solo e cinco técnicas com potencial de implantação na área. O estudo mostrou que as técnicas com maior disponibilidade de área foram telhados verdes, biorretenção e microrreservatórios, e que embora os pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração disponham de menor área disponível comparado aos demais, todas as técnicas apresentaram grande potencial para redução do escoamento superficial na bacia.

**Palavras-Chave** – Técnicas compensatórias; Áreas; Fechada.

---

1) Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da UFRN; e-mail: guilherme.diniz@live.com

2) Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFRN; e-mail: joanadarc.medeiros@gmail.com

3) Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFRN; e-mail: ada@ct.ufm.br

## INTRODUÇÃO

As inundações urbanas (ou alagamentos) nas cidades são uma consequência direta da urbanização na bacia hidrográfica, uma vez que este processo gera uma impermeabilização do solo devido aos pavimentos e telhados introduzidos neste novo ambiente, que elevam o volume escoado devido modificação na dinâmica do ciclo hidrológico (Leopold, 1968). Quando este aumento do escoamento superficial ultrapassa a capacidade dos sistemas de drenagem, são geradas as inundações urbanas (ou alagamentos), que trazem como consequência a ocorrência de transtornos em dias de chuvas intensas, como danos materiais, humanos, interrupção do tráfego, além do aumento do risco de doenças (Hammond *et al.*, 2015; Merz *et al.*, 2010).

Em geral, os sistemas de drenagem urbana (SDU) são considerados como principais estratégias para redução da magnitude e da frequência das inundações nas cidades. Estes sistemas, até o fim do século XX, eram constituídos basicamente por dispositivos convencionais, ou infraestrutura cinza tradicional, cujo único foco era a coleta do escoamento e destinação à jusante. No entanto, a necessidade de restauração de espaços verdes nas cidades, controle qualitativo do escoamento bem como a redução de inundações mais intensas à jusante, viabilizaram a adoção de infraestrutura verde nos SDU (Hoang e Fenner, 2016; Yazdanfar e Sharma, 2015).

Esta infraestrutura verde, também denominada desenvolvimento de baixo impacto (EPA, 2012), sistemas de drenagem urbana sustentável (Ossa-Moreno *et al.*, 2017), ou, mais comum no Brasil e França, técnicas compensatórias (Nascimento *et al.*, 1999; Fletcher *et al.*, 2015), compreende um conjunto de dispositivos tais como telhados verdes, pavimentos permeáveis, células de biorretenção, microrreservatórios e trincheiras de infiltração (Qin *et al.*, 2013). Hidrologicamente, estes dispositivos imitam as condições naturais do ciclo hidrológico no local, com aumento da parcela de infiltração, evapotranspiração e retenção, e consequente redução do volume escoado, dos fluxos de pico e retardo do hidrograma, o que é uma alternativa eficaz na redução de inundações urbanas (Hua *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2013; Palla e Gnecco, 2015).

São comuns os estudos de mitigação de inundações urbanas segundo os efeitos produzidos no hidrograma de resposta da bacia medido em seu exultório. Contudo, é de particular interesse a análise de soluções de drenagem para o caso de bacias urbanas fechadas (também denominadas endorréicas), em que os fluxos convergem para regiões centrais formando grandes pontos de alagamentos (Nichols, 2011). Nestes casos a implantação de sistemas convencionais de forma isolada torna-se complexa, uma vez que as galerias ou túneis implantados devem ultrapassar as regiões mais altas da bacia, necessitando grandes profundidades de escavação ou até bombeamento das águas acumuladas para redução dos danos, já que a impermeabilização devido à urbanização impede que estas águas sejam infiltradas nos aquíferos.

Já é conhecido que os efeitos das técnicas compensatórias no controle do escoamento urbano são manifestados quando implantadas de forma descentralizada (Ahiablame e Shakya, 2016; Rosa, 2017), o que exige espaço disponível na bacia urbana. Nesse aspecto, a indisponibilidade de espaços livres tem sido apontada como uma das barreiras impeditivas ao desenvolvimento da infraestrutura verde nas cidades (CWAA, 2011; Deely *et al.*, 2020), uma vez que, em geral, estas já estão desenvolvidas, especialmente as regiões centrais de capitais brasileiras, onde a demanda por infraestruturas de drenagem é maior, dado o alto risco associado aos alagamentos. Sendo assim, avaliar o potencial de redução de inundações em bacias urbanas deve ter como etapa prévia o estudo dos locais disponíveis para implantação de cada técnica compensatória, dentro do padrão atual de ocupação do solo urbano.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo identificar áreas com potencial de implantação de técnicas compensatórias em uma bacia urbanizada fechada visando à redução de inundações urbanas.

## METODOLOGIA

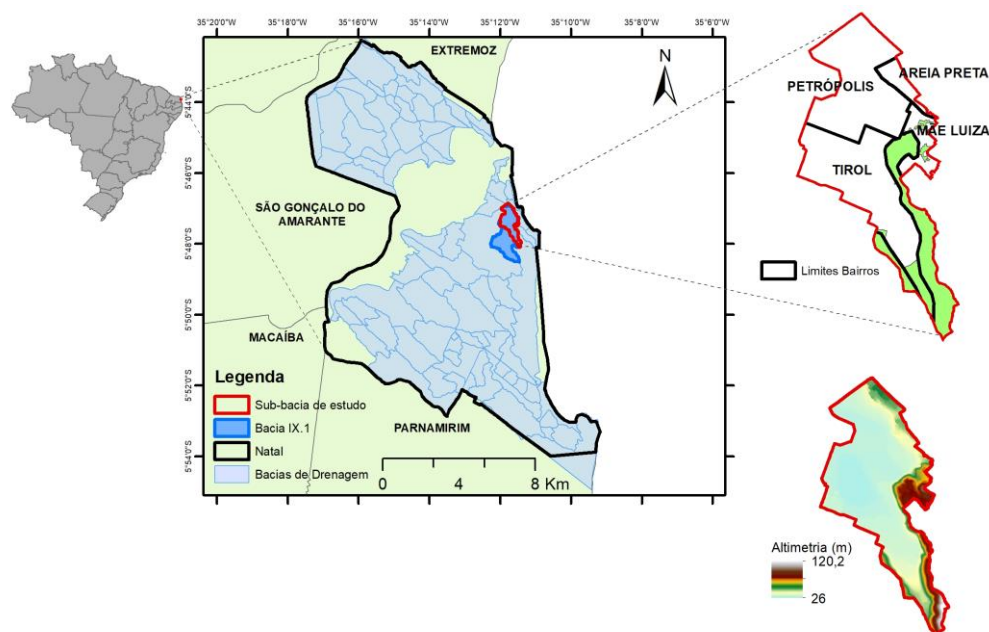
### Área de Estudo

A área utilizada para este estudo localiza-se na cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, litoral do Nordeste brasileiro (Figura 1). Esta cidade atualmente possui uma população estimada superior a 800 mil habitantes e território de 167,4 km<sup>2</sup>, totalmente classificado como Zona Urbana (IBGE, 2020). O clima local é considerado tropical úmido com precipitações concentradas de março a julho, e valores anuais superiores a 1.400 mm (Nogueira, 2018).

A cidade experimentou um crescimento lento até o início do século XX, período que foi sucedido por uma fase de expansão intensa (Mendonça, 2017). Algumas iniciativas de intervenção urbanística foram iniciadas neste século, sendo uma das primeiras a de criação do bairro Cidade Nova (atual região dos bairros Tirol e Petrópolis) pelo Plano Polidrelli, cujo traçado foi caracterizado por ruas largas e enxadrezadas com quarteirões que acomodavam a classe dominante, sendo esta, uma tentativa de embelezamento da cidade, estabelecendo um novo padrão de ocupação (SEMURB, 2007).

O sistema de drenagem da cidade é dividido em dois setores, que englobam 20 bacias de drenagem. De acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana (Natal, 2009), a cidade possui uma região interior sem drenagem natural com bacias do tipo fechada que escoam para depressões interiores onde estão posicionadas algumas lagoas de retenção e infiltração implantadas no sistema de drenagem.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Neste trabalho, foi escolhida uma sub-bacia de drenagem da cidade (localizada na bacia IX.1), que abrange uma área de aproximadamente 117,5 ha, englobando parte dos bairros Tirol, Petrópolis, Mãe Luiza e Areia Preta. Esta sub-bacia foi escolhida pela ocorrência de pontos críticos de alagamentos em eventos de chuvas intensas, uma vez que possui uma depressão interior sem drenagem natural ou lagoas em seu sistema de drenagem, apenas dispendo de trechos de galerias que encaminham o escoamento para regiões externas.

Geologicamente, a bacia de estudo apresenta afloramento de apenas uma unidade geológica: os depósitos eólicos litorâneos vegetados, que são compostos por areias quartzosas bem selecionadas, com formas de dunas residuais (CPRM, 2012). Assim, devido a esta característica arenosa com alta permeabilidade, espera-se que as técnicas compensatórias baseadas em infiltração sejam soluções alternativas de grande potencial para redução do risco de inundações na região, caso seja identificada disponibilidade espacial que viabilize sua aplicação.

### Identificação de áreas disponíveis

Para avaliação das áreas disponíveis na região do estudo, foram tomados os dados da malha digital georreferenciada da cidade de Natal disponibilizada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB), considerando o cenário atual de ocupação da bacia, na qual são indicadas as redes de avenidas, ruas, canteiros e lotes, além de informar os perímetros das edificações existentes. Assim, utilizando ferramentas SIG, foi possível classificar todo o padrão de cobertura do solo urbano segundo as delimitações constantes no respectivo dado.

Foram selecionadas cinco técnicas compensatórias no controle do escoamento superficial dentre as indicadas na literatura: telhados verdes, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, células de biorretenção e microrreservatórios.

Para os telhados verdes, foram consideradas as áreas das construções (coberturas) internas aos lotes existentes cuja área seja superior a 100 m<sup>2</sup>. As áreas internas não construídas foram consideradas como áreas disponíveis para implantação de células de biorretenção e microrreservatórios.

Para áreas externas aos lotes como: calçadas, praças, estacionamentos e vias urbanas classificadas como locais pelo Código de Obras municipal (Natal, 2004), tendo em vista o baixo tráfego de veículos, foram associados os pavimentos permeáveis. Vale destacar que vários estudos consideram como vias propensas à instalação de pavimentos apenas as que se enquadram até certo limite de declividade. No entanto, conforme destacado por Kaykhosravi *et al.* (2019), locais com alta declividade apresentam tempos de concentração menores, e os dispositivos (como os pavimentos permeáveis) são usados para aumentá-lo, reduzindo os problemas decorrentes das chuvas.

Para as trincheiras de infiltração, foram consideradas apenas as áreas de canteiros centrais de vias, dado que são áreas de característica linear, adequadas à forma destes dispositivos. Algumas áreas da bacia não foram consideradas como disponíveis para aplicação de técnicas compensatórias, tais como as áreas de vegetação arbórea e as destinadas à prática esportiva, como campos de futebol e as piscinas de natação. O resumo das considerações é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de ocupação do solo e técnicas compensatórias aplicáveis

Classe		Técnica Compensatória aplicável
Lotes	Construções (coberturas de edificações) <sup>a</sup>	Telhados Verdes (TV)
	Área interna não construída	Células de biorretenção (BR), Microrreservatórios (MR)
Calçadas, praças e estacionamentos		Pavimentos Permeáveis (PP)
Vias urbanas locais <sup>b</sup>		Pavimentos Permeáveis (PP)
Canteiros		Trincheiras de Infiltração (TI)
Esportes (campos de futebol e piscinas de natação)		-
Vegetação arbórea		-

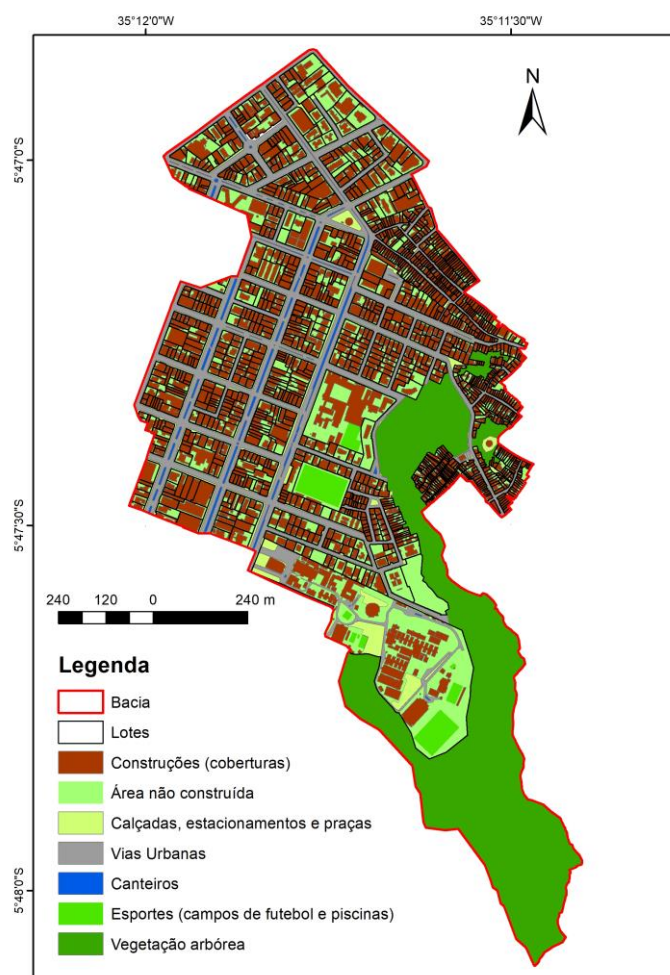
<sup>a</sup>Edificações com áreas superiores a 100 m<sup>2</sup>; <sup>b</sup>Conforme definido na Legislação Municipal.

Em seguida, os quantitativos das áreas correspondentes às classes de ocupação do solo foram obtidos e o potencial de áreas disponíveis na bacia foi avaliado em relação às técnicas compensatórias aplicáveis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de ocupação do solo urbano da área de estudo é apresentado na Figura 2. Na região é possível identificar um maior ordenamento urbano próximo aos bairros de Tirol e Petrópolis (regiões Oeste e Norte da sub-bacia), que abrangem a maior parte da bacia, uma consequência da ocupação planejada da região, com lotes mais espaçosos. Estes dois bairros, também são caracterizados por um padrão mais verticalizado de edificações, o que está relacionado ao coeficiente máximo permitido para aproveitamento do solo (3,5), o mais alto do município, por se enquadrar em Zona Adensável conforme definido no Plano Diretor de Natal (Natal, 2007), embora esta Lei defina uma taxa de ocupação máxima de 0,8 em todos os terrenos da cidade.

Figura 2 – Mapa de cobertura do solo da sub-bacia de estudo com identificação das classes de ocupação.



À Leste da sub-bacia, que engloba parte do bairro Mãe Luiza, verifica-se uma ocupação urbana menos ordenada, sendo decorrente do modo mais irregular da ocupação do bairro, o que impacta na disponibilidade de áreas disponíveis, uma vez que as ruas são mais estreitas e os lotes apresentam-se com níveis próximos ao da ocupação máxima. Destaca-se que o bairro situa-se em Zona de Adensamento Básico, onde se aplica o coeficiente básico de ocupação (1,2), o que reflete o padrão mais térreo das edificações.

Existe ainda uma região ao Sul da sub-bacia classificada como Zona de Proteção Ambiental 02 (ZPA-02), pelo Plano Diretor. Esta área de vegetação nativa à jusante da depressão central corresponde a uma pequena porção do Parque Estadual das Dunas, Unidade de Conservação criada pela Lei Estadual nº 7.237/77, com a finalidade de preservar a topografia e a vegetação, em razão de sua função na formação dos lençóis subterrâneos (Rio Grande do Norte, 1977). Pela preservação de sua condição natural, limitando a urbanização desordenada da bacia, esta área é de grande importância na redução do risco de inundações na bacia, uma vez que suas dunas infiltram grande parcela do volume precipitado na área.

As classes de ocupação constantes na Tabela 1 foram então selecionadas a partir do padrão de ocupação do solo ilustrado na Figura 2, e as respectivas áreas foram identificadas para análise do potencial de introdução de técnicas compensatórias na bacia. Os percentuais levantados são apresentados na Tabela 2, os quais se referem à área total da sub-bacia (117,5 ha).

Tabela 2 – Classes de ocupação do solo e percentuais de cobertura

Classe		Cobertura (%)
Áreas Internas (Lotes)	Construções (coberturas de edificações)	32,3
	Área não construída	21,7
Calçadas, estacionamentos e praças		6,1
Vias urbanas (locais)		5,7
Canteiros		1,2
Esportes (campos de futebol e piscinas de natação)		1,7
Vegetação arbórea		21,6

Foi possível verificar que apesar da bacia estar em condição altamente urbanizada, os lotes correspondem a quase metade da área total da bacia (54%), valor reduzido pela ocorrência das áreas de vegetação arbórea em condições naturais, como a ZPA-02. Apenas 32,3% da área total foi considerada como propícia à instalação de telhados verdes, embora esta implantação ainda deva ser melhor avaliada, pois as condições estruturais das edificações é um fator restritivo para instalação destes dispositivos. As áreas internas não construídas ocupam aproximadamente 22% do total, o que pode ser um aspecto positivo para instalação de técnicas compensatórias dentro dos lotes, já que estas áreas são ocupadas por jardins, pisos cimentícios, ou outros elementos de fácil substituição, as quais devem cumprir um percentual de permeabilidade mínima de 20% do lote estabelecido no Plano Diretor.

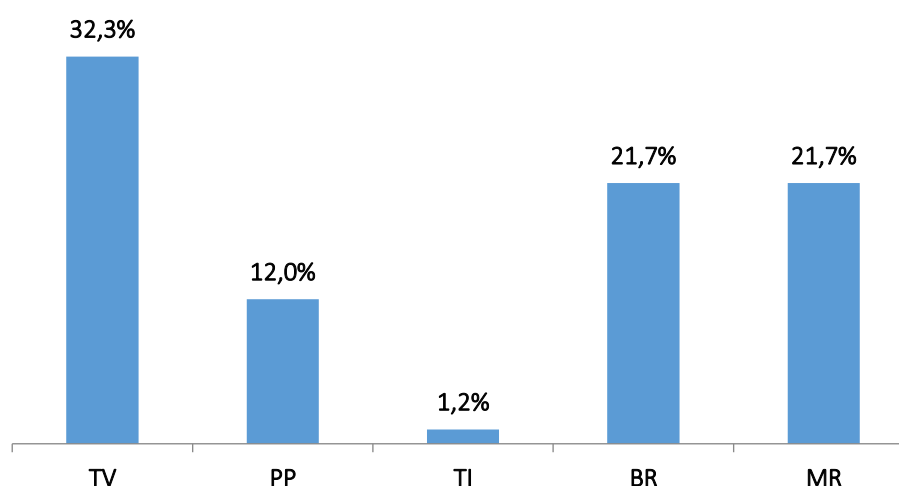
A ocorrência de vias largas resultou na presença de calçadas largas em várias ruas e avenidas, exceto em algumas ruas dos bairros Areia Preta e Mãe Luiza, onde estas se tornaram mais escassas. Também se identificou uma praça e áreas de estacionamentos com potencial para instalação de pavimentos permeáveis, principalmente em um grande centro de ensino localizado ao Sul, que também dispõe de vias internas de acesso. Associadas a estas, a consideração das vias públicas classificadas como coletoras (menor tráfego) para instalação de pavimentos permeáveis resultou em pouco menos de 12% da área total, indicando que a modificação dos pavimentos pode causar influência considerável na redução do escoamento superficial, principalmente considerando que o solo possui alta permeabilidade.

A instalação de trincheiras de infiltração também foi vista como uma alternativa para detenção/infiltração do escoamento, já que os canteiros centrais são bem comuns na bacia (aproximadamente 1,2% do total). Estas áreas lineares são atualmente utilizadas para o plantio de árvores em nível mais alto que a via, sem receber contribuição de escoamento das áreas impermeáveis adjacentes, resultando em baixo aproveitamento hidrológico.

Embora quase um quarto da bacia não tenha sido considerada como aplicável a técnicas compensatórias, as áreas de vegetação arbórea, que abrange a ZPA-02, representam quase 22%. Nesta área de vegetação o coeficiente de escoamento é baixo, devido à alta permeabilidade do solo, com isto, escoamento superficial tem mínimo potencial de geração. Dentre as áreas de prática de esportes, predominam os campos de futebol, localizados em um centro de ensino e um estádio local.

Utilizando a associação das técnicas compensatórias e os quantitativos das áreas aplicáveis apresentados na Tabela 2, foram identificadas as técnicas com maior potencial de implantação na bacia (Figura 3).

Figura 3 – Disponibilidade de área por técnica compensatória aplicável



Os telhados verdes apresentam o maior potencial de implantação na bacia, devido ao alto grau de urbanização com quase ausência de lotes vagos. No entanto, os telhados verdes são uma das técnicas que tem sua implantação mais complicada, uma vez que depende da análise das estruturas dos telhados e a consequente readequação, já que as cargas serão alteradas. As células de biorretenção e os microrreservatórios também apresentam boa possibilidade de implantação, e estas são técnicas cuja implantação é mais facilitada, uma vez que não exigirão readequação das construções, tratando-se somente de pequenas intervenções nas áreas não construídas. Além disso, a biorretenção pode ser contabilizada como parte da área permeável exigida pelo Plano Diretor. Os microrreservatórios, por sua vez, podem ser instalados de forma subterrânea sem tomada de espaço na superfície, ainda com benefício adicional de fornecimento hídrico adicional para usos domésticos.

Os pavimentos permeáveis e as trincheiras de infiltração, por se enquadrarem em sua maioria nas áreas públicas, dependerão de investimentos públicos no sistema de drenagem. No entanto, o aspecto favorável de permeabilidade do solo pode torná-los soluções bastante eficazes no controle de inundações urbanas da região, que atualmente depende apenas de galerias para escoamento da água.

Destaca-se que as áreas disponíveis identificadas na bacia representam grande potencial para redução de inundações. Walsh *et al.* (2014), simulando a instalação de microrreservatórios em uma bacia urbana nos Estados Unidos, verificaram que a instalação de unidades com 227 L, ocupando uma área individual de 0,23 m<sup>2</sup> em cada lote, o que equivale a menos de 1% da área da bacia, reduziu em, ao menos, 10% do volume de escoamento total, para uma série contínua de precipitações no local. Biorretenção e microrreservatórios implantados simultaneamente em aproximadamente 5% da área de uma bacia na China reduziu 31% do volume de escoamento e 19% dos fluxos de pico para chuvas mínimas de 35 mm, de acordo com as simulações realizadas por Hua

*et al.* (2020). Neste mesmo país, *Hu et al.* (2017), obtiveram que a implantação de pavimentos permeáveis de forma isolada em uma área equivalente a 18% de uma bacia urbana da China reduziu em 76% as áreas com risco alto de alagamentos. Sendo assim, é necessário que o potencial de áreas apontado neste trabalho seja devidamente explorado em modelagem hidrológica para obtenção do desempenho bacia, considerando as características locais.

## CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que a disponibilidade de áreas na bacia para implantação de soluções de desenvolvimento de baixo impacto (LID), ou técnicas compensatórias no controle do escoamento superficial em áreas urbanas é um aspecto consequente do planejamento urbano da cidade, uma vez que a intervenção no traçado urbano interfere na disponibilidade de áreas. Logo, este aspecto é importante para o gerenciamento sustentável da drenagem urbana.

As parcelas de áreas disponíveis mostraram o grande potencial das técnicas compensatórias na redução de alagamentos na bacia, já que possibilitam a implantação em percentuais apontados na literatura, cujo desempenho já foi comprovado. No entanto, as características físicas da bacia ainda devem ser incluídas em modelagem hidrológica para mensuração do desempenho local.

A bacia adotada tem maior parcela de cobertura incluída nos lotes, sendo os dispositivos telhados verdes, biorretenção e microrreservatórios, os que apresentaram a maior disponibilidade de área para sua implantação, constituindo-se como solução alternativa para redução de alagamentos. Os pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração, ainda que sejam as técnicas com menor área disponível comparada às demais, possuem a maior facilidade de implantação, uma vez que por serem áreas de domínio público, não exige aceitação popular individual para efetiva implantação na bacia, além de terem melhor aproveitamento da área, pois a implantação das técnicas não deve causar conflitos com as funções desempenhadas pelas áreas no ambiente urbano.



## REFERÊNCIAS

- AHIABLAME, L.; SHAKYA, R. (2016). “*Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale*”. *Journal of Environmental Management*, 171, pp. 81–91.
- CPRM. (2012). CARTA GEOLÓGICA - Folha Natal Sb-25-V-C-V, Escala 1:100.000. p. 1.
- CWAA. (2011). *Barriers and gateways to green infrastructure*. Clean Water America Alliance. 36 p.
- DEELY, J.; HYNES, S.; BARQUÍN, J.; BURGESS, D.; FINNEY, G., SILIÓ, A., ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, J. M., BAILLY, D., & BALLÉ-BÉGANTON, J. (2020). “*Barrier identification framework for the implementation of blue and green infrastructures*”. *Land Use Policy*, 99, p. 105108.
- FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. (2015). “*SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*”. *Urban Water Journal*, 12(7), pp. 525–542.
- HOANG, L., & FENNER, R. A. (2016). “*System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure*”. *Urban Water Journal*, 13(7), pp. 739–758.
- HU, M.; SAYAMA, T.; ZHANG, X.; TANAKA, K.; TAKARA, K.; YANG, H. (2017). “*Evaluation of low impact development approach for mitigating flood inundation at a watershed scale in China*”. *Journal of Environmental Management*, 193, pp. 430–438.
- HUA, P.; YANG, W.; QI, X.; JIANG, S.; XIE, J.; GU, X.; LI, H.; ZHANG, J.; KREBS, P. (2020). “*Evaluating the effect of urban flooding reduction strategies in response to design rainfall and low impact development*”. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118515.
- KAYKHOSRAVI, S.; ABOGADIL, K.; KHAN, U. T.; JADIDI, M. A. (2019). “*The Low-Impact Development Demand Index: A New Approach to Identifying Locations for LID*”. *Water*, 11(11).
- KHAN, U. T., VALEO, C., CHU, A., & HE, J. (2013). “*A data driven approach to bioretention cell performance: Prediction and design*”. *Water (Switzerland)*, 5(1), pp. 13–28.
- MENDONÇA, L. K. M. (2017). Impactos da aplicação da Lei Complementar N° 27/2000 sobre a produção imobiliária no bairro de Ponta Negra – Natal RN. Dissertação (mestrado), PEC UFRN, 2017.
- NATAL. Lei Complementar n° 055, de 27 de Janeiro de 2004. Institui o Código de Obras e Edificações do Município de Natal e dá outras providências. 2004.
- NATAL. Lei Complementar n° 82, de 21 de junho de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. 2007.
- NATAL. (2009). *Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Natal: Manual de Drenagem*. SEMOPI, Natal-RN, 254 p.
- PALLA, A., & GNECCO, I. (2015). “*Hydrologic modeling of Low Impact Development systems at the urban catchment scale*”. *Journal of Hydrology*, 528, pp. 361–368.
- QIN, H. P.; LI, Z. X.; FU, G. (2013). “*The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics*”. *Journal of Environmental Management*, 129, pp. 577-585.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei nº 7.237, de 22 de novembro de 1977. Declara de utilidade pública, para fins de desapropriação, bens situados na área das dunas, adjacente ao Oceano Atlântico, no município de Natal. 1977.

SEMURB. (2007). ORDENAMENTO URBANO DE NATAL: do Plano Polidrelli ao Plano Diretor 2007. Departamento de Informação, Pesquisa e Estatística, Natal-RN. 132 p.

WALSH, T. C.; POMEROY, C. A.; BURIAN, S. J. (2014). “*Hydrologic modeling analysis of a passive, residential rainwater harvesting program in an urbanized, semi-arid watershed*”. Journal of Hydrology, 508, pp. 240–253.