

EXPANSÃO URBANA E DRENAGEM: ANÁLISE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM REGIÃO PRODUTORA DE ÁGUA NA BACIA DO PARANOÁ, DF

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020588-605>



Antônio José de Brito¹
Cátia dos Santos Conserva²
Caíque Brito Araújo³
Erich Cossich Lavinhas⁴
Liza Maria Souza de Andrade⁵

RESUMO

O presente artigo tem o objetivo de analisar como a expansão urbana impacta o meio ambiente, com recorte na questão da drenagem em região de recarga de aquífero na Bacia do Paranoá em Brasília, DF. O estudo justifica-se pela lacuna nas pesquisas no que diz respeito a relacionar a expansão urbana com os efeitos no escoamento superficial e degradação ambiental. Estudando projetos elaborados para a expansão do SHTQ, Trecho 2 da Etapa 1, pretende-se o uso da abordagem metodológica da Socioecologia, aquela que relaciona as atividades antrópicas com o uso dos recursos da natureza. Como procedimento de análise, a pesquisa fez uso do Método Racional bem como das simulações SWMM, na busca de quantificar como a urbanização interfere na vazão máxima de lançamento a partir de três cenários: o pré-desenvolvimento, a ocupação nos termos do projeto da Administração Pública e o uso das práticas LID com biovaletas na proposta conceitual elaborada pelo projeto “Brasília Sensível à Água”. Os resultados indicaram aumento de até 367 % na vazão máxima com a urbanização e uma diminuição de 99 % com o uso das práticas LID, demonstrando que as soluções baseadas na natureza podem proporcionar uma ocupação urbana com impactos minimizados ao meio ambiente.

Palavras-chave: Expansão urbana. Águas pluviais. Drenagem. Biovaletas.

¹ Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Brasil.
ajdebrito@gmail.com

² Mestra em Projeto e Planejamento Urbano e Regional pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasil, Campus Darcy Ribeiro.
cconserva@gmail.com

³ Engenheiro Civil pelo Centro Universitário UDF, Brasília, Brasil. Kiq.brito@gmail.com

⁴ Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Brasil. Eric.cossich@gmail.com

⁵ Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil. lizamsa@gmail.com

URBAN EXPANSION AND DRAINAGE: ANALYSIS OF PROPOSED SOLUTIONS FOR STORMWATER MANAGEMENT IN A WATER PRODUCING REGION IN PARANOÁ BASIN, DF

ABSTRACT

This article aims to analyze how urban expansion impacts the environment, emphasizing drainage in the aquifer recharge region in the Paranoá Basin in Brasília, DF. The study is justified by the research gap to the relationship between urban expansion and the effects on surface runoff and environmental degradation. Studying the projects prepared for the expansion of SHTQ, Section 2 of Step 1, we intend to use the methodological approach of Socioecology, which relates the anthropic activities to the use of natural resources. As a procedure of analysis, the research made use of the Rational Method as well as SWMM, in the question of quantifying how urbanization interferes in run off, from three scenarios: the pre-development, the occupation in terms of the project of the Public Administration and the use of LID practices with swale found in the project performed by “Brasília Sensível à Água”. The results indicated an increase of up to 367% in maximum flow with urbanization and a decrease of 99% with the use of LID practices, demonstrating that solutions based on nature can provide an urban occupation with minimized impacts to the environment.

Keywords: Urban expansion. Rainwater. Drainage. Swale

1 INTRODUÇÃO

A relação entre projetos de expansão urbana a serem implantados em áreas ambientalmente sensíveis e a proteção do meio ambiente, com recorte na questão da drenagem em tempos de crise hídrica é o tema do presente artigo. O estado da arte mostra que autores como, Herzog (2013), Miguez (2016) e Pellegrino (2017) escreveram sobre o assunto. Porém há ainda uma lacuna a respeito de estudos que tenham foco na análise crítica da relação entre expansão urbana e o aumento no escoamento superficial, em um contexto de crise hídrica. O estudo tem foco na Bacia

do Paranoá, tendo como estudo de caso o Setor Habitacional Taquari - SHTQ, também conhecido como Serrinha do Paranoá, em Brasília¹.

A motivação da pesquisa é justificada pela escassez de estudos que tratem dos padrões de uso e ocupação do solo dos assentamentos urbanos em relação aos processos que estruturam os recursos naturais e drenagem. Há uma lacuna nas pesquisas que tratem a crise hídrica relacionada às formas com as quais a cidade se expande e se consolida.

Inserir-se no projeto “Brasília Sensível à Água” do Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído” da PPG FAU/UnB, que tem a missão de promover a gestão integrada de água dentro do ambiente construído pela implementação e avaliação de ações que promovam a preservação de recursos hídricos e meio ambiente, considerando seus aspectos econômicos, sociais e ambientais. Neste contexto, o grupo promove a troca de experiências e conhecimento entre a academia, o poder público e a sociedade, pesquisadores, técnicos e estudantes em atividades de pesquisa, ensino e extensão. Salienta-se que a comunidade da Serrinha do Paranoá está organizada e trabalha em prol do local por mais de 30 anos, defende a regularização do solo por ocupação harmoniosa da terra e do desenvolvimento urbano da cidade com respeito à natureza. Para eles o modelo de ocupação do Estado traz problemas a toda a rede hídrica existente na região, com reflexos para toda a cidade.

Uma instância na qual estas relações aparecem com nitidez é a água urbana, através do papel relevante dos rios e lagos na organização do espaço e na configuração da paisagem, sendo Brasília um caso no qual estas relações se materializam de forma emblemática na bacia do Lago Paranoá.

A ocupação urbana em área de recarga de aquíferos diminui a produção de águas para nascentes e córregos (MIGUEZ, 2016). A problemática que se pretende estudar nasce daí. Ao mesmo tempo em que se buscam novas fontes de captação de água para enfrentamento da crise hídrica, o próprio poder público propõe projetos de parcelamento para expansão urbana em áreas de recarga. Discute-se se o estresse hídrico refere-se à escassez do recurso ou à falta de um planejamento adequado com relação às ações humanas sobre o meio ambiente.

¹ Brasília é aqui entendida como toda a área urbana do Distrito Federal, composta atualmente por 33 Regiões Administrativas.

É neste contexto que em Brasília assiste-se à promoção de vários loteamentos idealizados pela Administração Pública em áreas consideradas ambientalmente sensíveis. Dentre eles, o projeto de expansão do SHTQ, área considerada de elevada sensibilidade ambiental por tratar-se de área de vegetação preservada, divisora de bacias, produtora de água para o Lago Paranoá, o qual já está em processo de assoreamento e configura, em um contexto de crise hídrica, manancial de abastecimento para mais de 600 mil pessoas (ANDRADE et al., 2018). No presente artigo, a Serrinha do Paranoá será estudada no Trecho 2 da Etapa 1, alvo de projeto elaborado na década de 90 pela TERRACAP - Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal, como expansão do Trecho 1, já consolidado.

A respeito deste projeto, a comunidade da Serrinha vislumbra problemas relativos a impactos ambientais pelo desmatamento e impermeabilização do solo, que poderão deteriorar a qualidade e a quantidade das águas produzidas para o Lago Paranoá (ANDRADE et al., 2018). Com esta preocupação a comunidade da Serrinha do Paranoá, em 2017, procurou o MPDFT – Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, o qual organizou uma Audiência Pública intitulada “Escassez Hídrica no DF”, em março de 2017, grande aprendizado para o exercício da cidadania frente a um futuro incerto de escassez.

Como resultado desta Audiência foi organizado, em agosto de 2017, o Seminário “O Lago Paranoá e a Crise Hídrica: Desafios do Planejamento Urbano para Brasília”, em parceria entre o MPDFT, organizações da sociedade civil e a Universidade de Brasília, além de contribuições temáticas de vários setores do GDF – Governo do Distrito Federal. Tendo o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ como estudo de caso, o Seminário demonstrou o agenciamento de eventos e atores para a gestão compartilhada da água na bacia hidrográfica do Lago Paranoá (ANDRADE et al., 2018).

A relevância dos resultados do Seminário motivou a emissão, pelo MPDFT, em 2017, do Termo de Recomendação 09/2017, no qual recomendou a suspensão da Licença de Instalação, LI 059/2014, emitida para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ, bem como a adoção de modelos de desenho urbano que sejam sensíveis à água e considerem critérios de proteção ambiental que respeitem os limites da capacidade de suporte do Lago Paranoá (ANDRADE et al., 2018). A LI 059/2014 foi suspensa em novembro de 2017 e assim permanece até o momento da escrita do presente artigo.

O artigo tem como objetivo analisar a relação entre processos de projeto de expansão urbana e drenagem. A análise investiga impactos resultantes de projetos de drenagem elaborados com padrões de infraestrutura convencionais face ao desenho urbano sensível à água com técnicas oriundas da Infraestrutura Socioecológica, e seus impactos na vazão máxima de lançamento.

1 METODOLOGIA

A análise pressupõe a água como eixo metodológico de pesquisa ao abordar aspectos da expansão urbana através dos impactos na drenagem de águas pluviais. Tem como método de análise a Abordagem Socioecológica, aquela que identifica como a interação homem-meio ambiente está relacionada com os processos socioeconômicos, e as consequências de mudanças nos padrões de uso de recursos (BUSCHBACHER, 2014). Estas informações são importantes para a definição de estratégias de gestão integrada que possam garantir a sustentabilidade social, ambiental e econômica de recursos naturais.

O Estudo de Caso é um dos procedimentos mais adotados no campo da Arquitetura e Urbanismo (SERRA, 2006, p. 82). Possibilita conhecer determinado exemplar em profundidade, mostrando como foi formado, como evoluiu, qual seu desempenho segundo os objetivos a atingir. Investigando o sistema antrópico, estudando o urbano e suas implicações para as águas urbanas, pretende-se permear e organizar o eixo metodológico por meio da questão da relação entre as atividades antrópicas e o uso dos recursos na natureza, tendo o projeto de expansão do SHTQ, como estudo de caso.

Buscando evidências quantitativas para apreensão dos processos estudados à luz do arcabouço teórico, a pesquisa busca quantificar o impacto da urbanização na vazão máxima do escoamento superficial. Os métodos quantitativos, conforme o nome indica, visam à quantificação das características do sistema, das partes que o compõem e das relações entre estas partes, entre o sistema e o mundo (SERRA, 2006, p. 78). O crescimento das cidades altera o regime hidrológico de forma tanto qualitativa quanto quantitativa.

O presente trabalho faz análise do impacto da urbanização no escoamento superficial do Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ em torno dos três cenários (CONSERVA et al., 2019), expressos no Quadro 1.1.

Quadro 1 – Cenários de Análise Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.

Cenários de Análise da Vazão Máxima do Trecho 2 da Etapa 1 SHTQ		
1	Pré-desenvolvimento	Vegetação preservada e pouca atividade antrópica. É o cenário atual do Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.
2	Ocupação Urbana	Ocupação urbana com projeto nos moldes do projeto convencional proposto pela Administração Pública.
3	Ocupação urbana + Infraestrutura Socioecológica	Ocupação urbana, porém com o uso de biovaletas nos moldes do projeto conceitual do projeto “Brasília Sensível à Água”.

Fonte: CONSERVA et al., 2019

O Manual de Drenagem do DF admite o método racional para o cálculo de vazões de projeto em bacia com área total maior que 100 ha e menor que 300 ha, porém para bacias maiores que 100 ha recomenda que os cálculos das vazões sejam acompanhadas de simulações utilizando métodos como o do “Soil Conservation Service” – SCS (ADASA, 2018, p. 105). Neste sentido, a presente pesquisa fará uso do método de simulação SWMM para o cenário 3 que, além da ocupação urbana proposta pela TERRACAP, faz uso de estratégias LID com as biovaletas através da proposta conceitual do projeto “Brasília Sensível à Água”.

O SWMM, da EPA – “U.S. Environmental Protection Agency”, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula o escoamento superficial em áreas urbanas (ROSSMAN, 2010).

2 EXPANSÃO URBANA E DRENAGEM

Um sistema de drenagem é altamente influenciado pela urbanização (MIGUEZ, 2015). Considera-se extremamente complexo o controle dos efeitos provocados pelos empreendimentos urbanos no meio ambiente, tanto pela

impermeabilização do território quanto pela necessidade de ampliação da infraestrutura e a diminuição considerável das áreas verdes. Ao invadir o território das águas em áreas ambientalmente sensíveis a expansão urbana, quando não associada a padrões de planejamento que busquem soluções baseadas na natureza, aparece relacionada a desequilíbrios diversos como processos erosivos, assoreamento e morte de nascentes em toda a bacia hidrográfica.

Brasília constitui um dos casos em que a relação ocupação territorial e produção das águas se materializa de forma emblemática. A drenagem urbana foi preocupação desde a concepção do Plano Piloto, em cujo relatório observa-se, após o traçado do “X” no chão, um esboço de preocupação com a questão da drenagem: “Procurou-se depois a adaptação à topografia local, ao escoamento natural das águas, à melhor orientação, arqueando-se um dos eixos a fim de contê-lo no triângulo equilátero que define a área urbana.” (CODEPLAN, 1991). Brasília, porém, foi crescendo para além do Plano Piloto por meio de ocupações urbanas, planejadas e não planejadas, a maioria das vezes sem o adequado aporte de infraestrutura de saneamento que tivesse um efeito holístico, atuando em todo o território. O projeto de Lúcio Costa não foi detalhado a ponto de prever soluções de drenagem de águas pluviais. Com isso as ações executivas que se seguiram trouxeram soluções nada sustentáveis à cidade.

3 EVOLUÇÃO DAS ABORDAGENS EM DRENAGEM URBANA

Diferentes olhares sobre as águas urbanas, de acordo com os contextos e as necessidades de cada época, destacam uma linha evolutiva, desde a concepção higienista, identificada como as práticas convencionais, aquelas que buscam afastar as águas o mais rápido possível, até práticas de manejo sustentável com práticas de projeto de cidades sensíveis à presença da água.

Neste contexto é que surge espaço para Infraestrutura Socioecológica. Esta abordagem busca identificar como estão interligados os usuários dos sistemas naturais, e estes aos processos socioeconômicos e políticos com suas consequências de mudanças nos padrões de uso dos recursos da terra (BUSCHBACHER, 2014). A construção do conceito de Infraestrutura Socioecológica, em drenagem urbana,

reconhece o uso que as pessoas fazem dos recursos em sintonia com as estratégias baseadas na natureza como o WSUD e as LID.

O “*Water Sensitive Urban Design*” - WSUD, o Desenho Urbano Sensível à Água, enfatiza a influência das configurações urbanas sobre os fluxos de recursos naturais (ANDRADE, 2014). Associa os fatores socioeconômicos ao desenho urbano, buscando atender aos princípios de sustentabilidade para os assentamentos urbanos.

Dentre os conceitos de desenho urbano em sintonia com a natureza, este trabalho vai fazer uso do “*Low Impact Development*” - LID, desenvolvimento de baixo impacto. O conceito de estratégias LID diz respeito a minimizar os impactos das águas urbanas através do uso do conceito de desenhar com a natureza (FLETCHER et al., 2015). As estratégias LID têm sido amplamente utilizadas em modelagem SWMM como dados de entrada quando se pretende suavizar os impactos negativos do desenvolvimento urbano no escoamento superficial.

Todas estas soluções, já bastante conhecidas e estudadas, foram recentemente chanceladas pela ONU através da publicação “*Nature-Based Solutions for Water*”, Soluções Baseadas na Natureza para a Gestão das Águas, (WWDR, 2018). As soluções baseadas na natureza são inspiradas pelo uso ou imitação dos processos naturais que contribuem para melhorar a gestão das águas, envolvendo a conservação e a reabilitação de ecossistemas naturais.

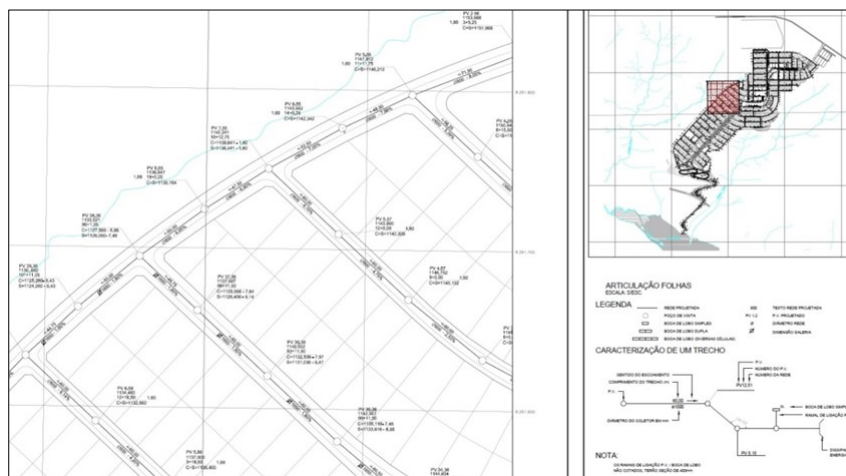
4 ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO TRECHO 2 DA ETAPA 1 DO SHTQ

O SHTQ está localizado na Unidade de Planejamento Territorial Centro Adjacente 1 de Brasília. Está inserido na Área de Proteção Ambiental – APA do Lago Paranoá, bem como na APA do Planalto Central. O Trecho 2 da Etapa 1 está localizado entre as micro-bacias dos córregos Jerivá e Urubu.

4.1 Projeto de Drenagem da TERRACAP para o Trecho 2 da Etapa 1 SHTQ

O projeto de drenagem para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ, Figura 1, tem aprovação da NOVACAP e possui outorga prévia da ADASA (GDF SUPLAN/SEMA, 2017).

Figura 1 - Projeto de Drenagem para o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ.



Fonte: TERRACAP (2014).

O projeto tem conceito fortemente centrado nas bases conceituais do sistema convencional, composto por dispositivos coletores e de transporte das águas superficiais. A rede capta a água de duas vertentes de drenagem, cujas contribuições são lançadas em duas bacias de retenção alocadas ao final da rede (CARVALHO, 2018). Ainda de acordo com o projeto, a saída de ambas as bacias ocorre por orifício de fundo e a descarga é feita na série de condutos que levam as águas pluviais até o lançamento final no lago Paranoá. As duas bacias de retenção foram projetadas nas proximidades da DF-005.

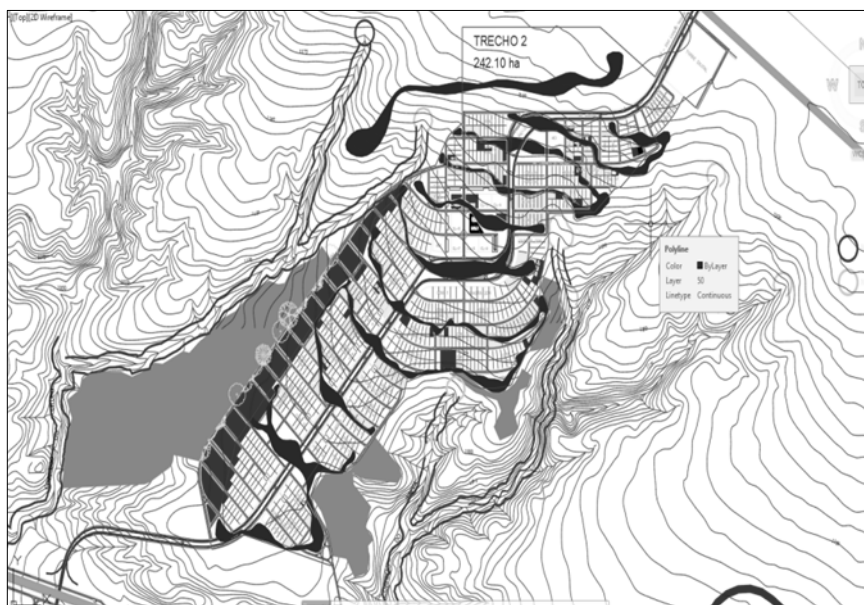
O local em que foram localizadas em projeto as bacias de retenção tem relevo acidentado, com declividade aumentada. Sugere preocupações a respeito da estabilidade do talude natural, a resistência do solo, considerando a mudança de geometria e o sobrepeso (CONSERVA et al, 2019).

4.2 Infraestrutura Socioecológica na Serrinha do Paranoá. A proposta conceitual “Brasília Sensível à Água”.

A Infraestrutura Socioecológica entende o desenho urbano como aquele que considera o resgate das relações entre as cidades e seus corpos d'água como elementos primordiais do planejamento da paisagem urbana (CONSERVA et. al, 2019). Para isso, aponta para a necessidade de que o controle de velocidade das águas seja feito, em primeiro lugar e principalmente, no local onde caem as chuvas, o controle na fonte.

Sobre estes aspectos, o projeto de pesquisa “Brasília Sensível à Água”, do Grupo de Pesquisa “Água e Ambiente Construído”, da FAU/UnB, a pedido da promotoria do MPDFT, apresentou um desenho conceitual, Figura 4, com biovaletas:

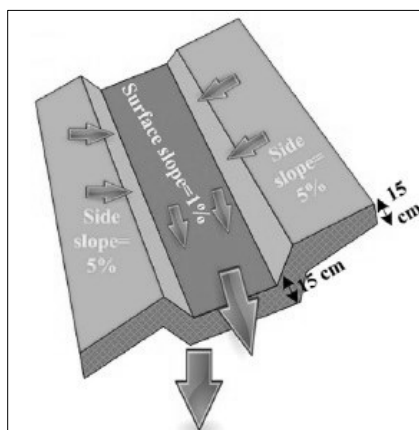
Figura 2 - Proposta Conceitual com Biovaletas para o Trecho 2 Etapa 1 SHTQ.



Fonte: “Brasília Sensível à Água” (2018).

As biovaletas são cortes feitos na grama, com vegetação, que atenuam o escoamento das águas. Esse tipo de drenagem por biorretenção aumenta o contato direto da água com o solo utilizando a vegetação para infiltrar (ANDRADE, 2014, p. 359, 384). Constituem dispositivos de drenagem longilíneos que concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para infiltração ao longo do seu comprimento. São depressões lineares, gramadas, concebidas para funcionar como canais, onde o escoamento pluvial é desacelerado e infiltrado durante o percurso da água.

Figura 3 – Biovaleta.



Fonte: HUANG (2018).

As biovaletas reduzem o escoamento superficial, favorecendo a mitigação dos impactos ambientais e dos problemas causados pelas alterações causadas pela expansão urbana (CONSERVA et al., 2019). Como tudo o que há, as biovaletas também necessitam de manutenção, caso não seja feita devidamente, há o risco de colmatagem e a infiltração ficará comprometida.

A proposta de readequação apresentada demonstra que é possível um desenho urbano sensível ao ciclo urbano da água demonstrada pela consolidação de uma abordagem que expressa sensibilidade aos fluxos das águas e ao ciclo hidrológico.

5 ANÁLISE DA VAZÃO MÁXIMA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Uma das formas de quantificar a parcela de chuva que esco superficialmente é a multiplicação da precipitação por um coeficiente, o chamado coeficiente de “*run off*” ou coeficiente de escoamento superficial (C) pelo método racional (ADASA, 2018). Através deste coeficiente determina-se a vazão máxima de projeto (Q), de forma a medir como a urbanização interfere no ciclo hidrológico da bacia.

O Método Racional é utilizado para análise de vazão em bacias pequenas, de até 3 hectares (PORTO, 1995, WILKEN, 1978). A área da bacia objeto do estudo de caso, o Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ, tem uma poligonal de projeto com área de 223,25 ha na versão original (TERRACAP, 2016). Tucci (2015) considera como bacias pequenas aquelas com área de drenagem inferior a 250 ha (TUCCI, 2015, p. 812).

A multiplicação simples da intensidade da chuva (com unidade de velocidade) pela área de drenagem da bacia produz a vazão máxima associada à chuva, pela equação (MIGUEZ et al., 2016, p. 47):

$$Q = C * I * A \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

- Q – Vazão Máxima de Escoamento (m^3/s);
- C – Coeficiente de Escoamento (sem unidade) ;
- I – Intensidade da chuva dada pela Curva IDF de Brasília (mm/h);
- A – Área do empreendimento (ha).

A curva IDF de Brasília (ADASA, 2018, p. 302):

$$I = \frac{1574,7 * T^{0,207}}{(tc + 11)^{0,881}} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

- I =Intensidade (mm/h);
- T = Tempo de Retorno em anos, considerado 10 anos pelo Manual de Drenagem do DF (ADASA, 2018, p. 302);
- tc = Tempo de Concentração (min).

O Tempo de Concentração pela Fórmula (MIGUEZ et al., 2016, p. 32):

$$tc = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

- tc = tempo de concentração (min);
- L =Comprimento da bacia (km);
- Δh = Diferença de altitude ao longo da bacia (m).

Tempo de Concentração é um conceito que traduz o tempo de viagem da gota de água da chuva que atinge a região mais remota da bacia até o momento em que

atinge o exutório (COLICHON e TASSI, 2008, p. 9). O método Racional considera a duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia. O Tempo de Concentração é afetado diretamente pela declividade média da bacia, diminuindo seu valor com o aumento da declividade.

Para a vazão de cenários pré-desenvolvimento, cenário 1, a ADASA (2018) adotou um coeficiente de escoamento superficial de 0,15, Figura 4, com uma vazão máxima tolerável de 24,4 l/s/ha. Tal valor significa que um empreendimento urbano qualquer a ser implantado na região do Trecho 2 da Etapa 1 do SHTQ, com área de 223, 25 ha, não pode provocar uma vazão de lançamento no Lago Paranoá que supere 5,45 m³/s.

Figura 4 - Valores para Coeficientes de Escoamento. Fonte: ADASA (2018, p. 209).

Uso do solo e coeficientes de escoamento superficial C	
Uso do solo	C
Áreas calçadas ou impermeabilizadas	0,90
Áreas intensamente urbanizadas e sem áreas verdes	0,70
Áreas residenciais com áreas ajardinadas	0,40
Áreas integralmente gramadas	0,15
Pavimento de bloquete intertravado, conforme Tucci (2005)	0,78

Em conformidade com a Figura 4, para o coeficiente de escoamento adotado para o cenário 2 (urbanização nos moldes do projeto da TERRACAP) foi feita a ponderação entre áreas permeáveis e impermeáveis, resultando em um coeficiente 0,48. O Quadro 2 aponta dados de Entrada para uso nas equações 1 a 3 no cálculo simplificado para o Trecho 2 Etapa 1 SHTQ:

Quadro 2 – Valores de Entrada Método Racional Trecho 2 Etapa 1 SHTQ.

Variáveis		Valores Adotados	
C	Coeficiente de Escoamento	<u>Cenário 1:</u>	0,15
		<u>Cenário 2:</u> Edificações: 0,7 Calçadas e Vias: 0,9 Intertravado: 0,78	Cenário 2 Ponderado: 0,48
A	Área do Empreendimento	223,25 ha	2,23 km²
		Permeável - parques, ELUP, praças e áreas verdes (ha):	111,66
		Edificações	Vias, Piso

		Impermeável:	(ha) : 55,34	calçadas e ciclovias (ha): 55,82	Intertravado (ha) : 0,68
		TOTAL (ha): 111,16			
T	Tempo de Retorno (anos)	10 (ADASA, 2018)			
L	Comprimento da Bacia	3,69 km (Google Earth, 2018)			369000 m
Δh	Diferença de altitude ao longo da bacia	188 m (Google Earth, 2018)			0,00048 m/m
tc	Tempo de Concentração (min)	34,30			

Fonte: Os Autores (2019).

Aplicando-se os dados do Quadro 2 às equações (1), (2) e (3), resulta um valor para a vazão (Q) no cenário 1 (pré-desenvolvimento) de 7,98 m³/s, enquanto para o cenário 2 (urbanização nos moldes do projeto da TERRACAP) resulta um valor para o escoamento de 37,26 m³/s. Nesse caso o aumento da vazão máxima pela urbanização calculada pelo Método Racional corresponde a 367%.

Para o cenário 3, a simulação SWMM retornou valor referente a 0,24 m³/s, que equivale a uma percentagem de diminuição de 99% do Cenário 2 para o Cenário 3. Quadro 3.

Quadro 3 – Vazão Máxima entre Cenários Trecho 2 da Etapa 1 SHTQ.

	CENÁRIO 1 (pré- desenvolvimento) Método Racional	CENÁRIO 2 (urbanização TERRACAP) Método Racional	CENÁRIO 3 (urbanização com biovaletas) Simulação SWMM
Vazão Máxima (m³/s)	7,98	37,26	0,24
Variação na Vazão Máxima	367 %		
		-99%	

Fonte: Os Autores (2019).

Em um aparente paradoxo, as águas ao escorrerem com maior vazão, em vez de aumentar, diminuem a disponibilidade hídrica, com todas as consequências para um contexto de crise hídrica. Todo espaço de armazenamento natural de áreas permeáveis, várzeas e mesmo nos próprios talwegues naturais, retirado pela urbanização, é substituído por áreas inundadas a jusante.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados significa, pela abordagem Socioecológica, que a ação do homem ao ocupar o espaço, nos moldes do projeto da Administração Pública, vai implicar em maiores volumes de águas escorrendo, com maior vazão e maiores velocidades. Porém, em um aparente paradoxo, tais águas, ao chegarem ao Lago Paranoá em vez de aumentar, diminuem a disponibilidade hídrica, uma vez que o aumento da vazão contribui para a formação de erosões e assoreamentos.

Um dos grandes desafios para os planejadores do espaço urbano está em conciliar, de forma sistêmica, a expansão urbana com a questão da proteção da natureza, de forma a garantir um futuro sem escassez de água potável no planeta. A

verificação do aumento do escoamento superficial e da vazão máxima alerta para um cenário em que se transfere o excesso de precipitação para jusante através das galerias, podendo prejudicar a recarga do Lago Paranoá, em uma inadequação à realidade de escassez hídrica pela qual passa Brasília no momento da escrita.

Tal cenário motiva a busca por padrões de ocupação do território que sejam sensíveis à água, ao tempo em que se busquem métodos mais eficientes na elaboração de projetos de drenagem urbana, que mitiguem os impactos ambientais ocasionados pelo processo de urbanização: a drenagem projetada com bases nas soluções baseadas na natureza. Por se tratar de área com grandes declives em direção ao Lago Paranoá, é preciso pensar a drenagem pela diminuição da vazão das águas ao longo do traçado das vias, com o uso, por exemplo, das biovaletas. Tudo isso para que as águas pluviais não cheguem ao Lago Paranoá com maior vazão, garantindo a mitigação dos prejuízos advindos da urbanização, caso a ocupação naquele local, ainda que sensível ambientalmente, seja inevitável.

REFERÊNCIAS

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal/UNESCO (2018). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal**. Brasília, DF.

ANDRADE, L. M. S., CONSERVA, C. S., LEMOS, N. S.; PRATES, S. C. e NOBREGA, G. D. P. N., (2018), *Gestão Compartilhada para Cidades Sensíveis à Água: O Agenciamento de Atores para o Fortalecimento do Lago Paranoá e o Enfrentamento da Crise Hídrica em Brasília*. Brasília: *8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, PLURIS, 2018*.

ANDRADE, L.M S. (2014) *Conexão dos padrões espaciais dos ecossistemas urbanos: a construção de um método com enfoque transdisciplinar para o processo de desenho urbano sensível à água no nível da comunidade e da paisagem*. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

BUSCHBACHER, R. A (2014) Teoria da Resiliência e os Sistemas Socioecológicos: **como se preparar para um futuro imprevisível?** *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, v. 9, p. 11-24.

CARVALHO, D. J. (2018), **Manejo de águas pluviais urbanas com solução de baixo impacto para área residencial – Estudo de caso Setor Habitacional Taquari – Etapa 1 Trecho 2/DF**. Monografia - Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

COLLISCHONN, W. e TASSI, R.(2018), **Introduzindo Hidrologia**. IPH UFRGS, Porto Alegre, 2018.

CONSERVA, C. S., ANDRADE, L. M. S., SANT'ANA, D. R., CARVALHO, D. J., COSTA, M. E. L. e KOIDE, S. (2019), **Olhares sobre a drenagem em Brasília: Expansão Urbana e Infraestrutura Socioecológica na serrinha do Paranoá, DF**. *Revista Mix Sustentável*, v.5, n.2, p. 149-164.

GDF – Governo do Distrito Federal. SUPLAM/SEMA - Parecer Técnico 06/2017. Brasília, 27 de outubro de 2017. **Análise da Proposta de Parcelamento do Setor Habitacional Taquari**. Disponível em: <http://www.mpdf.mp.br/portal/pdf/noticias/novembro_2017/SUPLAM_SEMA_PT06_2017_Taquari_20171028.pdf>.

HERZOG, C. P. (2013), *Cidades para TODOS: (re)aprendendo a conviver com a NATUREZA*. Editora MAUAD. Rio de Janeiro.

HUANG, C. L.; HSU, N. S.; LIU, H. J. HUANG, Y. H. (2018), Optimization of low impact development layout designs for megacity flood mitigation. *Journal of Hydrology 564 2018*. Research papers.

MIGUEZ, M. G.; VEROL, A. P.; REZENDE, O. M. (2016), **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**, Elsevier, Rio de Janeiro.

PELLEGRINO, P., MOURA, N. B. (2017), **Estratégias para Uma Infraestrutura Verde**. Manole, Barueri, SP.

PORTO, R. L. (1995) **Escoamento Superficial Direto**. Abrh/Editora da Universidade/Ufrgs, Porto Alegre.

ROSSMAN, L. A.; SWMM 5.0. (2012) Manual do Usuário. **Water Supply and Water Resources Division National Risk. Management Research Laboratory**. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/swmm/SWMM_2012.pdf>.

SERRA, G. G. (2006), **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: Guia Prático para o Trabalho de Pesquisadores em Pós-graduação**, Edusp, São Paulo.

TERRACAP - AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL. (1999), **Memorial Descritivo MDE – 111/1999, Região Administrativa do Lago Norte – RA XVIII Setor Habitacional Taquari – SHTQ Trecho 2**, Brasília: ENGEVIX Engenharia S/C Ltda.

TERRACAP - AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL, (2016), **Memorial Descritivo MDE – 019/2016, Região Administrativa do Lago Norte – RA XVIII Setor Habitacional Taquari – SHTQ Trecho 2**, TOPOCART. Brasília.

TUCCI, C. E. M. (2015), **Hidrologia: Ciência e Aplicação.**: Editora da UFRGS/ABRH. Porto Alegre.

WILKEN, P. S. (1978), **Engenharia de Drenagem Superficial**, CETESB, São Paulo.

WWDR. World Water Development Report. (2018), **Nature Based Solutions for Water**. UNESCO, Paris.