

# PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO:

ALICERCES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

ORGANIZAÇÃO:

EDILSON DE SOUZA BIAS  
VALDIR ADILSON STEINKE



caliandra

Universidade de Brasília  
ICH - Instituto de Ciências Humanas

# **PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO:** ALICERGES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

Organizadores:

Edilson de Souza Bias  
Valdir Adilson Steinke



**caliandra**

Brasília - DF  
2024



## **Conselho Editorial**

### **Membros internos:**

Prof. Dr. Bruno Leal (HIS/UnB) - Presidente

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ruth Elias de Paula Laranja (GEA/UnB)

### **Membros externos:**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marine Pereira (UFABC)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)

### **Membros internacionais:**

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha);

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ilía Alvarado-Sizzo (Universidad Autonoma de México)

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

© 2024.



Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens dessa obra é dos autores.

[1ª edição]

## Elaboração e informações

Universidade de Brasília

ICH - Instituto de Ciências Humanas

Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte, Mesanino Bloco 01qr Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília DF CEP: 70297-400 Brasília - DF, Brasil

E-mail: [ihd@unb.br](mailto:ihd@unb.br)

Contato: (61) 3107-7364

Site: [ich.unb.br](http://ich.unb.br)

## Equipe técnica

Parecerista: Charlei Aparecido da Silva (UFGD)

Editoração: Valdir Adilson Steinke e Edilson de Souza Bias

Revisão: Amabile Zavattini

Capa: Thamirys Verneque Silva dos Reis

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE/UNB)

P712            Planejamento ambiental urbano [recurso eletrônico]  
                  : alicerces de uma cidade inteligente e  
                  sustentável / organizadores: Edilson de Souza  
                  Bias, Valdir Adilson Steinke. – Brasília :  
                  Universidade de Brasília, Instituto de Ciências  
                  Humanas, 2024.  
                  262 p. : il.  
  
                  Inclui bibliografia.  
                  Modo de acesso: World Wide Web:  
                  <[caliandra.ich.unb.br](http://caliandra.ich.unb.br)>.  
                  ISBN 978-85-93776-08-3.  
  
                  1. Planejamento urbano. 2. Sustentabilidade. 3.  
                  Cidades inteligentes. I. Bias, Edilson de Souza  
                  (org.). II. Steinke, Valdir Adilson (org.).

CDU 711.4

Heloiza dos Santos - CRB 1/1913





# Dedicatória

A organização de uma obra exige tempo, esforço, paciência e muito trabalho, o qual deve ser orientado por uma finalidade, um objetivo, um fator motivador. No caso deste trabalho, o fator motivador foi proporcionar a pesquisadores, estudiosos e estudantes das questões urbanas uma articulação de textos úteis e atuais para apoiá-los e orientá-los em seus estudos.

Dedicamos esta obra às nossas instituições, que nos proporcionam o ensino e a pesquisa contínua, bem como a todos os nossos estudantes, tanto de graduação quanto de pós-graduação. As atividades de docência representam para todos nós um rico manancial de reflexões, que possibilitam aprofundamentos sobre todos os temas abordados nesta obra.

# Índice

<b>Prefácio</b> _____	<b>10</b>
<b>Capítulo 1:</b> Planejamento Urbano e a construção de Indicadores de Sustentabilidade – O que aprendemos ou o que temos que aprender._____	<b>16</b>
<b>Capítulo 2:</b> Cidades sustentáveis, ODS 11 - Educação ambiental: um desafio para o planejador urbano ou uma ferramenta indispensável?_____	<b>50</b>
<b>Capítulo 3:</b> Proposição de indicadores de qualidade ambiental urbana_____	<b>64</b>
<b>Capítulo 4:</b> O desenho da cidade e o conforto térmico ambiental: estratégias para obtenção de formas urbanas com maiores alternativas ecotérmicas._____	<b>82</b>
<b>Capítulo 5:</b> O planejamento com a infraestrutura da paisagem cerratense: a contribuição da arborização_____	<b>102</b>
<b>Capítulo 6:</b> Mobilidade como um Serviço: Indicações de Estratégias Interventivas no Hábito de Usar Automóvel Baseadas na Revisão da Literatura_____	<b>122</b>
<b>Capítulo 7:</b> Eventos pluviais extremos no Distrito Federal: desafios para adaptação às mudanças climáticas em busca de uma cidade sustentável_____	<b>140</b>
<b>Capítulo 8:</b> Drenagem urbana sustentável, geotecnologias e cidades inteligente_____	<b>170</b>
<b>Capítulo 9:</b> Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise da qualidade ambiental urbana: Uma abordagem metodológica_____	<b>198</b>
<b>Capítulo 10:</b> Aplicações e Ferramentas Geotecnológicas para a Gestão Ambiental Urbana_____	<b>222</b>
<b>Capítulo 11:</b> A integração de dados geográficos para o planejamento urbano sustentável – o que usar e como usar?_____	<b>238</b>

# CAPÍTULO 8

## Drenagem urbana sustentável, geotecnologias e cidades inteligentes



### Fernando Rodrigues Lima

Doutorado (1993) e Mestrado (1987) ambos em Engenharia de Produção pela PEP/COPPE/UFRJ, Especialização em Altos Estudos em Política e Estratégia (CAEPE) pela Escola Superior de Guerra (ESG-1997) e Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela FAU/UFRJ – 1985. Atualmente realiza Pós-Doutorado na UFRJ. É Professor Titular da POLI/UFRJ, aposentado em 03/2017 e reintegrado como Professor Colaborador Voluntário. Entre 2008 a 2016 foi Coordenador do Programa de Engenharia Urbana (PEU/POLI/UFRJ), onde também atua como Docente do Corpo Permanente desde sua implantação. Entre 1999 e 2012 foi Chefe do Departamento de Expressão Gráfica da POLI/UFRJ. Também foi coordenador de 2 Projetos de Intercâmbio Internacional com a UTC/França (2011 a 2018) e PVE/CSF/CNPq (2014 a 2016). Tem experiência na área de Engenharia Urbana, de Geoprocessamento e de Localização Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: CAD (modelagem 3D), Localização e Layout Industrial, Expressão Gráfica, Infraestrutura Urbana e Sistemas de Informação Geográfica.



### Osvaldo Moura Rezende

Engenheiro Civil (POLI/UFRJ). Especialização em Engenharia Urbana (PEU-POLI/UFRJ, 2010). M.Sc. Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (PEC-COPPE/UFRJ, 2010). D.Sc. Engenharia Civil, Área de Recursos Hídricos e Saneamento (PEC-COPPE/UFRJ, 2018). Professor Adjunto do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ (DRHIMA-POLI/UFRJ).



### Rodrigo Rinaldi de Mattos

Arquiteto e Urbanista (FAU/UFRJ, 1996), M.Sc Projeto Urbano (PROURB/FAU/UFRJ, 2003), D.Sc. Projeto Urbano (PROURB/FAU/UFRJ, 2008), Professor Adjunto do Departamento de Urbanismo e Meio Ambiente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ (DPUR/FAU/UFRJ, 2018), Professor do Mestrado Profissional em Arquitetura Paisagística (MPAP/PROURB/FAU/UFRJ, 2021), Professor do Programa de Pós-graduação e Urbanismo da FAU (MPAP/PROURB/FAU/UFRJ, 2023).

# Drenagem urbana sustentável, geotecnologias e cidades inteligentes

Fernando Rodrigues Lima  
Oswaldo Moura Rezende  
Rodrigo Rinaldi de Mattos

## INTRODUÇÃO

Uma Cidade Inteligente está inevitavelmente vinculada aos seus cidadãos. Mas do que trata, exatamente, a inteligência da cidade? São as high techs embarcadas em todo o aparato da cidade ou também a forma como cada cidadão a vivencia?

Em Cidades para pessoas, Jan Ghel (2010) põe em evidência um fato que deveria ser lugar comum: as pessoas são o que há de mais importante em uma cidade. Mesmo que a perspectiva de Ghel tenha potência para debates acalorados sobre a nossa responsabilização no antropoceno, a sua obra é de grande importância, pois põe a vida humana em primeiro plano, e isso não é trivial. A perspectiva biofílica (WILSON, 1984), por sua vez, trata da relação entre os seres humanos e a natureza, compreendendo os seres vivos e a dinâmica ecológica. A biofilia é o primeiro dos estágios apresentados nessa interpretação do esquema proposto por Mang e Reed (2012), como mostrado na Figura 1, em sua abordagem sobre desenvolvimento regenerativo: aquilo que deveríamos almejar em resposta à degradação acelerada a que o nosso planeta está sujeito. As cidades, como protagonistas nesse processo, são ecossistemas complexos e interdependentes, que necessitam do equilíbrio entre os elementos naturais e construídos, assim como da relação entre os aspectos bióticos e abióticos, e, por fim, dos fluxos de informação genética e tecnológica, para funcionar adequadamente.

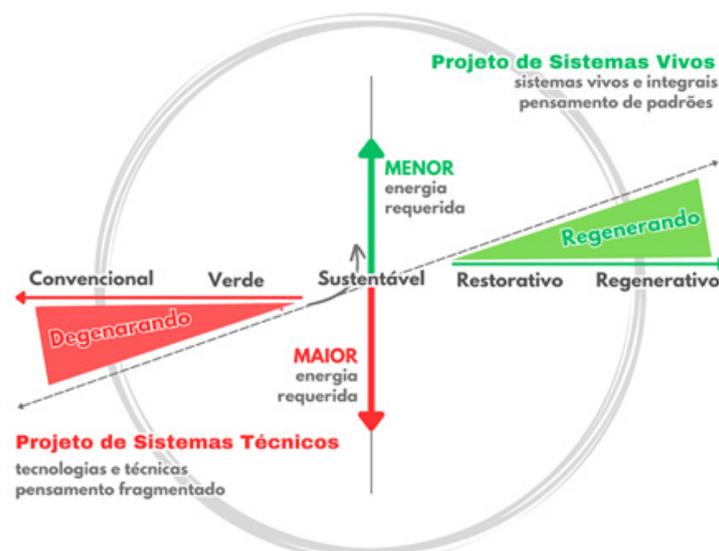


Figura 1: Esquema representativo do desenvolvimento regenerativo, avaliando o equilíbrio entre elementos naturais e construídos. Fonte: Baseado em Pamela Mang e Bill Reed (2012).

McHarg (1969) propôs uma metodologia de planejamento em que o território é analisado em camadas, a fim de compreender as diferentes interações e influências que moldam o espaço urbano. Diversos aspectos analisados são organizados em quatro camadas, destacadamente os aspectos político-sociais, geográficos e demográficos (i), que ajudam a contextualizar a área estudada e os aspectos geofísicos (ii), como hidrografia, relevo e uso do solo, que são analisados para identificar os processos naturais que afetam o território e como eles moldam o espaço urbano. A análise da morfologia urbana (iii), ou seja, a forma como a cidade foi construída e se desenvolveu ao longo do tempo, é essencial para compreender os diferentes graus de consolidação urbana e o comportamento do tecido urbano. Por fim, uma camada correspondente à dinâmica fluvial (iv), que é um elemento importante na interação entre a urbanização e os processos naturais da hidrografia. Essas camadas, que compõem a caracterização do território em análise, são sobrepostas e, suas diversas interações, investigadas de forma a subsidiar um amplo e profundo diagnóstico dos ambientes natural e construído. Na Figura 2 é apresentado um esquema simplificado de análise em camadas para ilustrar essa leitura do território e suas diversas inter-relações.

O conhecimento do território, facilitado por essa metodologia de análise em camadas, permite que o planejamento e a gestão das cidades sejam mais eficientes, uma vez que é possível compreender as relações de dependência entre os sistemas urbanos e naturais. Essa perspectiva se apresenta como uma forma mais inteligente de se pensar a cidade, ou seja, faz parte da construção de uma cidade inteligente, a Smart City.



Figura 2: Análise do território por camadas. Fonte: Adaptado de McHarg (1969).

O termo Smart City é, em certa medida, um conceito aberto. Geralmente se refere à ideia de cidades que usam tecnologia e dados para melhorar a qualidade de vida, a eficiência dos serviços urbanos e a sustentabilidade ambiental. Algumas definições enfatizam a tecnologia e a conectividade, enquanto outras podem destacar a participação cidadã e a inclusão social. Em geral, a ideia é que as Smart Cities buscam melhorar a vida urbana por meio de soluções inovadoras e integradas, envolvendo múltiplos setores e stakeholders da cidade. Mas é fato que a qualidade de vida humana e dos outros viventes precisa ser a prioridade.

A criação de espaços verdes, a preservação de áreas naturais, a promoção da biodiversidade e a redução da poluição e dos impactos ambientais são fundamentais para garantir a qualidade de vida das pessoas e a saúde do ecossistema urbano como um todo. Há evidências de que a existência de espaços urbanos verdes contribui inclusive para a melhoria da saúde mental e física, reduzindo a morbidade e a mortalidade de residentes urbanos (WHO, 2016). Nesse sentido, a consciência expandida desse cidadão para além dos problemas que encontra em seu quintal é crucial para o sucesso da cidade inteligente. O manejo das águas pluviais e a drenagem urbana têm papel fundamental na busca pela boa forma da cidade (LYNCH, 1981), contribuindo para um olhar sistêmico que presuppõe, por parte do cidadão, a atenção às inter-relações nas diversas escalas.

No contexto específico das águas, esse cidadão deve estar ciente da importância desse elemento como recurso fundamental para a vida, e estar disposto a adotar práticas de conservação e uso eficiente desse recurso. Ele também deve estar atento às soluções e tecnologias disponíveis para o manejo das águas pluviais, contribuindo para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos da cidade. A água, como recurso positivo e valioso, deve ter garantida a sua diversidade de uso, contrapondo-se à abordagem tradicional monofuncional, que enxerga apenas a sua capacidade de transportar poluentes.

Transitar entre as escalas é uma ação crucial na análise de fenômenos hidrológicos e ambientais, pois permite entender a dinâmica dos processos em diferentes níveis de detalhe. Por exemplo, em um estudo de bacias hidrográficas é importante considerar as diferentes escalas envolvidas, desde a da microbacia, passando pela bacia principal até a da região hidrográfica. Cada escala apresenta particularidades que afetam a dinâmica hidrológica, como características do solo, uso e ocupação do solo, padrões de precipitação, entre outras. Assim, a consideração das diferentes escalas permite uma compreensão mais integrada e precisa dos processos hidrológicos e ambientais.

Ao analisar as bacias hidrográficas, é necessário considerar não apenas as características específicas de cada sub-bacia e curso d'água, mas também as interações e fluxos entre essas unidades. Isso permite entender melhor como os processos hidrológicos e ambientais são influenciados por fatores em diferentes escalas, como o clima, o relevo, a cobertura do solo, o uso da terra e as atividades humanas.

Por outro lado, alguns fenômenos podem ser mais bem compreendidos em uma escala menor, onde é possível observar detalhadamente as interações entre os elementos e os processos envolvidos. Por exemplo, ao estudar as condições de inundação em um determinado bairro ou área urbana, é necessário considerar as especificidades do local, como a topografia, o tipo de solo, o sistema de drenagem e as características construtivas das edificações.

Assim, a escolha da escala de abordagem depende dos objetivos da análise e da natureza do fenômeno em questão. Em alguns

casos, pode ser necessário adotar uma abordagem multiescalar, que permita integrar informações e conhecimentos obtidos em diferentes categorias para alcançar uma compreensão mais completa do fenômeno.

O estudo da microdrenagem requer um nível de abordagem menor, com observação detalhada e precisa das características do terreno e das infraestruturas de drenagem. Isso é importante para entender como a água se movimenta em uma escala local e identificar possíveis problemas e soluções específicas para cada região. Portanto, a escolha da abordagem correta é fundamental para que se obtenha um melhor entendimento de cada fenômeno hidrológico e, conseqüentemente, para a tomada de decisão mais eficiente e eficaz em relação à gestão da água.

A drenagem urbana inadequada pode gerar uma série de impactos negativos, destacadamente inundações, que podem acarretar: interrupção do tráfego, causando atrasos e problemas de locomoção para as pessoas; propagação de doenças por vetores como mosquitos e urina dos ratos, aumentando a possibilidade de dengue e de leptospirose, respectivamente; espalhamento de lixo, causando poluição e afetando a qualidade do meio ambiente e o próprio funcionamento do sistema de drenagem; erosão do solo, comprometendo a estabilidade de construções próximas a encostas e rios; poluição das águas dos rios, lagoas e mar, ao carregar contaminantes como óleos, produtos químicos e metais pesados; dentre outros. Além desses impactos diretos do evento de inundação, há ainda o potencial de efeitos em cascata, principalmente quando danificam as infraestruturas críticas (ICs), responsáveis por fornecer bens e serviços essenciais como energia, transportes e saneamento, danificando fisicamente as suas instalações e afetando a sua funcionalidade, e causando efeitos cascata em outros sistemas para além do seu impacto direto (BATTEMARCO, 2023).

Por exemplo, um alagamento que afeta o sistema de energia acaba por prejudicar a mobilidade urbana, ao interromper o funcionamento de sinais de trânsito e da iluminação pública, e também os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, quando interrompe o funcionamento de estações elevatórias. Esses efeitos em cascata evidenciam a interdependência dos sistemas urbanos e reforçam a importância da gestão adequada da drenagem urbana para garantir a saúde e a segurança da população, bem como a proteção do meio ambiente.

Como é possível observar no parágrafo anterior, a relação da sociedade com os corpos hídricos tem encadeamentos complexos e com implicações nos ambientes silvestre e construído. A percepção crescente de que a presença da natureza nas cidades é fundamental para a qualidade de vida da população é um dos pressupostos para uma forma de abordar o problema a partir da observação e da incorporação dos processos naturais, conhecida como Soluções Baseadas na Natureza (SBN).

Segundo a European Commission (2021), as SBN são soluções inspiradas e apoiadas pela natureza e que buscam simultaneamente benefícios

ambientais, sociais e econômicos, promovendo a resiliência. As SBN podem incluir a criação de parques e áreas verdes urbanas, a restauração de ecossistemas naturais, a proteção de áreas de recarga de aquíferos, a implementação de telhados verdes e de sistemas de drenagem sustentável, entre outras práticas. Elas buscam imitar ou restaurar os processos naturais de infiltração, armazenamento e purificação da água, contribuindo para a melhoria de sua qualidade e disponibilidade, bem como para a redução do risco de enchentes, tendo sempre como um de seus objetivos a preservação e a manutenção da biodiversidade.

O conceito geral de SBN pode ser considerado como um guarda-chuva para diversas abordagens de planejamento urbano e territorial (European Commission, 2021). Dentre elas estão as Infraestruturas Verde e Azul (IVA, ou GBI - Green-Blue Infrastructures - no original em inglês) e as Cidades Sensíveis à Água, desenhadas a partir do conceito de Projeto Urbano Sensível à Água (WSUD - Water Sensitive Urban Design - no original em inglês), ambas destacadas na ilustração apresentada na Figura 3:

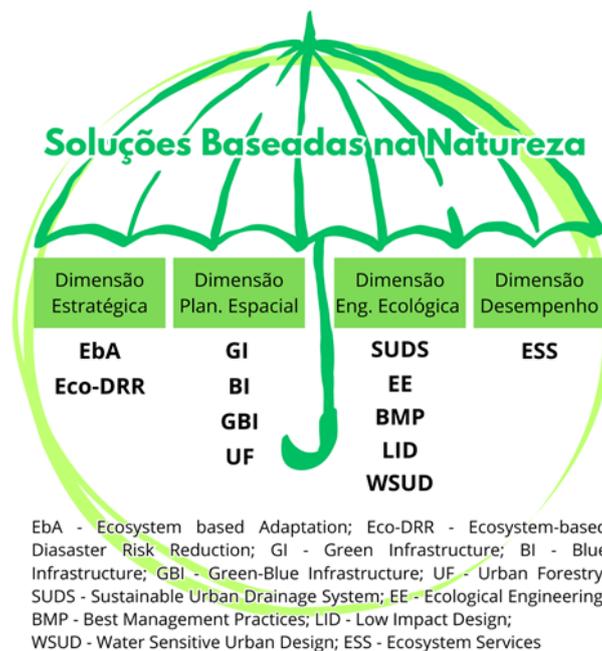


Figura 3: Soluções baseadas na natureza, segundo o conceito de guarda-chuva para abordagem das diversas questões relacionadas ao planejamento urbano e territorial. Fonte: Baseado em European Commission, 2021.

As IVAs vêm substituindo ou operando de forma consorciada com as infraestruturas tradicionais, também denominadas “infraestruturas cinzas”, pela predominância do uso de materiais sintéticos. São infraestruturas com conceitos e propósitos distintos, mas que podem e devem ser utilizadas como resposta a uma ampla gama de problemas com que invariavelmente nos defrontamos. A utilização dessas abordagens de forma combinada, dentro de um conceito de soluções híbridas (infraestrutura verde-cinza), foi apontada no sexto relatório do IPCC como a solução para a obtenção de uma maior eficiência em saneamento, prevenção de inundações, deslizamentos de terra e proteção costeira (CASTELLANOS et al., 2022).

As IVAs atuam tanto na escala territorial (bacia hidrográfica) quanto na escala local (cidade, bairros e ruas). Na escala territorial, a IVA é aplicada considerando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. A partir da identificação de zonas centrais de interesse ecológico (hubs) e áreas de interesse local (sites), a Infraestrutura Verde e Azul busca organizar o território a partir das conectividades entre essas zonas, utilizando a própria rede hidrográfica da bacia como estrutura de conexão (BENEDICT; MCMAHON, 2006). A Figura 4a apresenta uma ilustração esquemática dessa abordagem para estruturação do território, publicada por Benedict e McMahon (2006), enquanto a Figura 4b já mostra uma aplicação da abordagem a uma bacia hidrográfica localizada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que utiliza os corredores fluviais como conexões principais do sistema (links), proposta por Ottoni (2021).

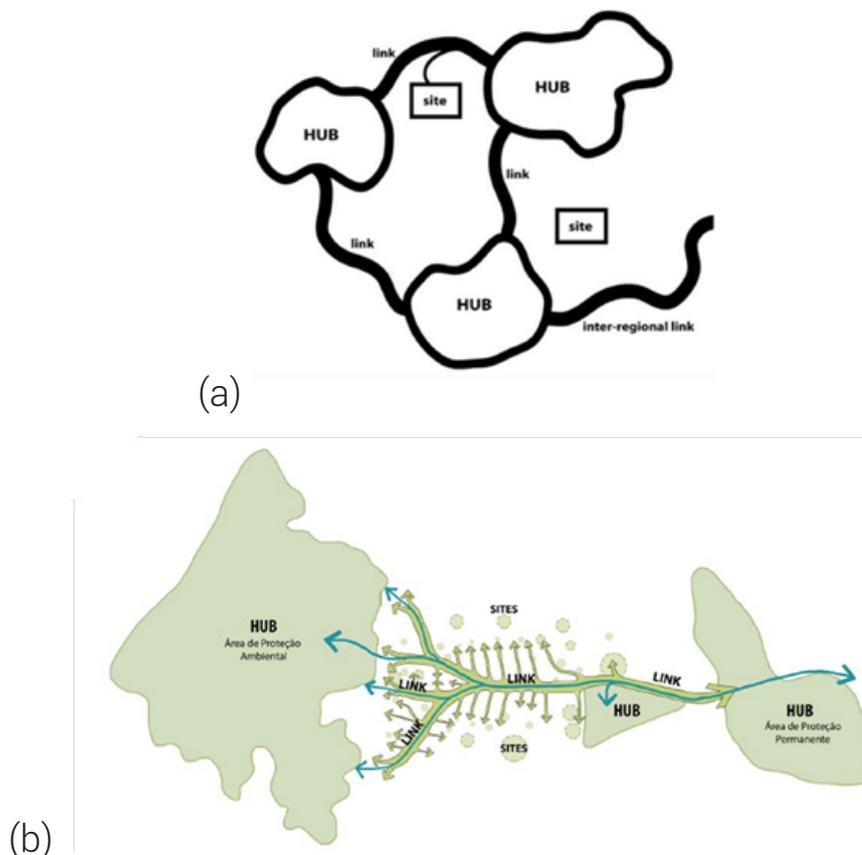


Figura 4: Esquemas de estruturação de uma infraestrutura verde-azul.  
 Fonte: (a) BENEDICT; MCMAHON, 2006; (b) OTTONI, 2021.

Na escala local, a abordagem se volta para aplicações da engenharia ecológica, que atua em sintonia com aspectos conceituais do urbanismo, do paisagismo e da ecologia, promovendo melhores práticas de governança para o desenvolvimento sustentável das cidades, como o uso de jardins filtrantes, técnicas de infiltração e retenção das águas e a requalificação fluvial. Essas soluções ganham espaço no conceito de WSUD (Water Sensitive Urban Design), e envolvem a integração de elementos naturais, como áreas verdes e zonas úmidas, nas áreas urbanas para fornecer serviços ecossistêmicos, como a regulação de temperaturas locais, a purificação da água e a promoção da biodiversidade, respeitando o ciclo

hidrológico natural. O WSUD preconiza a construção de cidades em perfeita harmonia com o ciclo hídrico, em todas as suas parcelas, e pode ser definido como a “integração do planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo hidrológico, garantindo que a gestão da água urbana seja sensível aos processos hidrológicos e ecológicos naturais” (REZENDE, 2018). Os princípios-chave para um adequado projeto urbano sensível à água são (MELBOURNE WATER, 2004):

- Proteger os sistemas naturais: proteger e melhorar os sistemas hídricos naturais dentro dos empreendimentos urbanos;
- Integrar o tratamento da água de chuva na paisagem: utilização da água de chuva na paisagem, incorporando corredores de uso múltiplo para maximizar o valor visual e recreacional da região;
- Proteger a qualidade da água: aprimorar a qualidade da água de drenagem pluvial dos empreendimentos urbanos lançada no ambiente receptor;
- Reduzir o escoamento superficial e os picos de vazão: reduzir os picos de vazão das áreas urbanas utilizando medidas de retenção das águas pluviais e de redução de áreas impermeáveis;
- Agregar valor, minimizando os custos de desenvolvimento: reduzir os custos relativos à infraestrutura do sistema de drenagem dos empreendimentos.

De forma geral, a abordagem WSUD tenta integrar as ciências sociais e físicas em uma proposição de gerenciamento holístico para águas urbanas, considerando conjuntamente a oferta de água potável, os esgotos e a drenagem das águas pluviais, desde a escala do lote até a escala da bacia, envolvendo o desenho de edificações e da própria paisagem, alinhando medidas estruturais e não estruturais (MIGUEZ et al., 2016).

O uso da IVA e dos conceitos de WSUD para o planejamento das cidades valoriza o papel das áreas verdes e azuis como espaços de recreação, lazer e promoção da saúde, contribuindo para a qualidade de vida dos habitantes e da paisagem urbana. Essas práticas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, proporcionando soluções sustentáveis e localmente adaptadas para o uso dos recursos naturais, a regulação climática e a promoção do bem-estar nas cidades.

## **A drenagem urbana sustentável: princípios, conceitos, critérios esg (ambiental, social e governança) e ods (objetivos de desenvolvimento sustentável)**

Os projetos de drenagem urbana de viés higienista, apesar de apresentarem-se em um primeiro momento como “tecnicamente” corretos, tendem a perder rapidamente sua eficiência, pois não atendem ao alto crescimento da demanda urbana

por infraestrutura. Na medida em que a cidade se desenvolve, são necessários investimentos cada vez mais onerosos para permitir a continuação do funcionamento do sistema de drenagem.

Essa situação agrava-se pela não existência ou pelo não cumprimento dos planos de desenvolvimento urbano ou, ainda, pela falta de qualidade técnica dos planos já elaborados. Basicamente, as intervenções previstas nos projetos de drenagem urbana e controle das enchentes resumem-se a ações emergenciais, esporádicas e definidas apenas após a ocorrência dos desastres (POMPÊO, 2000), além de atuarem pontualmente.

Essa abordagem sobre os sistemas de drenagem, baseada na simples e rápida retirada da água das áreas impermeabilizadas, por meio de canalizações, apresenta-se insustentável e exige outra visão sobre o problema das inundações urbanas. O sistema de drenagem atual deve preferir a solução da simples retirada das águas pluviais não infiltradas, provindas do aumento da impermeabilização do solo resultante do processo de urbanização, com a maior eficiência possível, substituindo-a por medidas que objetivem mitigar os impactos da urbanização, através da facilitação dos processos de infiltração e retenção das águas, no intuito de regenerar as condições hidrológicas de pré-urbanização.

A partir do conceito de desenvolvimento sustentável definido no Relatório Brundtland (1986) – intitulado “Nosso futuro comum” –, como sendo o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades”, foram desenvolvidas novas abordagens no campo da drenagem urbana, como os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems, no original em inglês), que buscam não transferir, no tempo ou no espaço, os problemas das inundações resultantes dos impactos negativos da ocupação de áreas naturais sobre o ciclo hidrológico e a dinâmica das cheias. Projetos de SUDS buscam reduzir os escoamentos superficiais através de estruturas de controle da água pluvial em pequenas unidades. Dessa maneira, o controle dos escoamentos superficiais realizado na fonte diminui a necessidade de grandes estruturas de atenuação e de controle na calha dos rios.

Assim sendo, essa concepção de projetos de drenagem sustentáveis necessita de uma integração com os planos de desenvolvimento urbano, a gestão da ocupação e o uso do solo, bem como do uso de técnicas preservacionistas voltadas para o ambiente natural. Tal visão propicia uma melhor abrangência temporal e espacial dos projetos de gerenciamento de inundações, uma vez que busca intervir não na consequência das grandes chuvas, mas nas causas das grandes inundações. Estratégias de manejo das águas pluviais são necessárias em diferentes níveis de decisão, tais como as escalas política, regional ou local. Porém, em todas elas os tomadores de decisão devem estar conscientes das possibilidades consideradas, bem como das principais consequências de cada decisão (BARBOSA et al., 2012), tornando o processo inter e transdisciplinar.

A mudança para uma visão sustentável das soluções em drenagem urbana exige um compromisso com as consequências futuras das decisões tomadas no presente; portanto, as soluções devem ser flexíveis o bastante para permitirem possíveis modificações e adaptações no decorrer do desenvolvimento urbano (CANHOLI, 2005). A forte interdependência entre o uso do solo e a dinâmica das cheias exige uma articulação entre o planejamento da drenagem e o manejo das águas pluviais com o Plano Diretor Urbano, além dos demais planos setoriais, permitindo uma melhor projeção da ocupação e do uso do solo no futuro, e, assim, levando a projetos com um maior tempo de validade (REZENDE, 2013).

Sob essa ótica sustentável, os projetos de drenagem urbana em um contexto de manejo das águas pluviais, sempre que possível, devem neutralizar os efeitos negativos da urbanização, mantendo ou restabelecendo as condições hidrológicas da pré-urbanização, trazendo benefícios para a qualidade de vida e visando a preservação ambiental. Ao colocar como questão central de que forma a sociedade poderia criar um sistema de manejo sustentável de águas pluviais, que proteja não só a propriedade e a saúde humana, mas também almeje a preservação do funcionamento natural de ecossistemas aquáticos, Roy et al. (2008) sugerem três premissas fundamentais para que um sistema realmente sustentável seja atingido:

1. O manejo sustentável das águas pluviais mantém a estrutura e o funcionamento naturais dos corpos d'água receptores.
2. Já existem tecnologias capazes de mimetizar o ciclo natural da água e reduzir o transporte de poluentes para jusante através da rede de drenagem.
3. O manejo sustentável das águas pluviais deve ser planejado e implementado na escala da bacia, de forma integrada.

Nesse sentido, seguimos para a integração entre as diversas disciplinas que abordam a gestão das cidades, com foco na Engenharia Hidráulica e na Arquitetura e Urbanismo, agregando as ciências sociais e econômicas, biologia e outras. Essa integração, com atuação na bacia hidrográfica como unidade de referência, pode ser compreendida como:

*A conjugação das ações no tecido urbano, tendo o controle de uso do solo urbano como pano de fundo, e no corredor fluvial, com foco no rio como síntese do território, combinam esforços no caminho de uma construção mais sustentável para o funcionamento das cidades. (MIGUEZ et al., 2016)*

Seguindo essa tendência, que prioriza a sustentabilidade do ambiente urbano de forma holística, empreendimentos privados e a própria economia passam a buscar práticas que mostrem o seu compromisso com essa sustentabilidade, desenhando uma articulação entre a governança e a responsabilidade socioambiental. Dessa articulação surge o conceito ESG, que é a sigla para Environmental, Social and Governance, e que em português significa Ambiental, Social e Governança.

Esses três aspectos representam os critérios utilizados para avaliar o desempenho de uma empresa ou organização em relação à sustentabilidade e à responsabilidade social. O E de 'ambiental' refere-se às práticas e aos impactos ambientais de uma empresa, como gestão de resíduos, emissões de gases de efeito estufa, uso de recursos naturais e políticas de sustentabilidade. O S de 'social' aborda os aspectos relacionados às pessoas, como direitos trabalhistas, diversidade e inclusão, segurança e saúde ocupacional e engajamento comunitário. Já o G de 'governança' engloba a estrutura de liderança, transparência, ética e integridade da organização.

O ESG tem se tornado cada vez mais importante para investidores, clientes e reguladores, que buscam empresas e organizações comprometidas com a sustentabilidade e a responsabilidade social. O desempenho em ESG pode afetar a reputação e a percepção de valor de uma empresa, além de influenciar em suas decisões de investimento e regulamentação.

Ao adotar os conceitos ESG, a empresa ou a organização também está reduzindo riscos à segurança pessoal e patrimonial daqueles que são afetados por suas atividades, mitigando a chance de eventos negativos e economizando em custos com seguros e indenizações, além de atender às questões humanitárias, as mais relevantes neste contexto.

A gestão integrada dos recursos hídricos é uma abordagem que busca gerenciar a água considerando todo o seu ciclo, desde a captação até o descarte. Ela envolve a coordenação de diferentes setores e atores envolvidos na gestão da água, incluindo governos, empresas, organizações da sociedade civil e cidadãos.

Essa abordagem busca promover uma gestão mais eficiente e sustentável da água, levando em conta não apenas as demandas humanas, mas também as necessidades dos ecossistemas e a importância da água para a vida em geral. Isso pode incluir medidas como a conservação de áreas úmidas e florestas, a utilização de tecnologias de baixo impacto para o tratamento de esgoto e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Controlar na fonte ou na quantidade de água que entra no sistema é uma estratégia importante para a gestão sustentável das águas urbanas. Isso significa tomar medidas para reduzir o volume de água que entra no sistema de drenagem urbana, como por exemplo a implementação de técnicas de conservação do solo e de práticas de gestão da água da chuva.

A gestão desses sistemas pelos governantes e concessionários, quando efetuada de forma adequada, pode promover a melhoria na qualidade de vida e reduzir as desigualdades sociais. A observação das escalas apropriadas e das quatro camadas relacionadas à gestão territorial aqui já citadas é a chave para esse processo de adequação, ressaltando que quando for negligenciado ou conduzido de forma equivocada, pode causar prejuízos à vida humana e aos bens patrimoniais.

Soluções inadequadas, em vez de mitigar ou sanar, também podem – através do efeito cascata já mencionado –, provocar impactos reversos nos demais sistemas urbanos, além de comprometer a eficiência do próprio sistema de drenagem. 'Planejamento Territorial com integração de sistemas' torna-se o mantra a ser repetido e, mais adiante, veremos que essa solução pode contar com o valioso auxílio das Geotecnologias.

Já os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) vêm cumprindo um importante papel de orientação no debate da comunidade internacional, uma vez que são inevitáveis os ruídos na relação entre diferentes culturas. Evidentemente, padecem de um olhar mais crítico, pois acabam utilizando termos que expressam os interesses e as visões de quem lidera esse debate, os países hegemônicos; mas isso está longe de ser um problema que desmereça os ODS.

O ODS 6 tem como objetivos garantir o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento básico, além de melhorar a qualidade da água e promover o uso sustentável dos recursos hídricos. A gestão sustentável da água é essencial para atingir esses objetivos, incluindo a gestão da drenagem urbana para garantir a qualidade da água.

A promoção de cidades e comunidades sustentáveis preconizada pelo ODS 11 está diretamente relacionada à melhoria da qualidade de vida das pessoas, à redução das desigualdades sociais e à proteção do meio ambiente, condições atingíveis por meio de políticas e práticas de planejamento urbano, gestão de resíduos e uso eficiente dos recursos naturais.

Já o combate às alterações climáticas, preconizado pelo ODS 13, é uma questão central para o desenvolvimento sustentável, uma vez que essas mudanças podem afetar significativamente o meio ambiente, a economia e a sociedade. Nesse sentido, é importante adotar práticas de gestão de resíduos e de recursos hídricos que minimizem as emissões de gases de efeito estufa e a pegada de carbono, promovendo a sustentabilidade e a resiliência ambiental.

## **A aplicação das geotecnologias nos problemas e soluções para drenagem urbana sustentável**

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) foram nas últimas três décadas responsáveis por uma grande revolução nas formas de governança e de exercício da cidadania. A internet das coisas (IoT - Internet of Things, no original em inglês) recentemente deslocou as atividades antes desenvolvidas exclusivamente em ambientes fixos, como escritórios e residências, para o campo da mobilidade e do dado em tempo real. Agora um dado pode ser capturado por dispositivos e sensores e, após analisado, retornar rapidamente ao usuário final na forma de informação, onde quer que ele esteja. Usuários também podem

interagir entre si, trocando informações por redes sociais ou privadas, e assim elaborando um infindável acervo de subsídios para a tomada de decisão.

Nesse novo horizonte de possibilidades, merecem atenção aqueles sistemas que lidam com camadas de informações que podem ser espacializadas, particularmente conhecidos como Geotecnologias, dentre os quais destacamos o SIG (Sistema de Informações Geográficas). Esse sistema é basicamente composto por três módulos (Figura 5): Geovisualização, Geodatabase e Geoprocessamento (HARLOW, 2005). A Geovisualização é onde podem ser consultados os mapas, com suas camadas temáticas de informação e respectivas simbologias aplicadas. A Geodatabase é onde estão armazenados os dados, sendo sua forma mais estruturada e que incorpora metadados conhecida como IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais). O Geoprocessamento é onde se realizam os fluxos e as análises de informações, utilizando métodos e técnicas como a geoestatística. Como será tratado mais adiante, a maioria dos usuários não vai além da Geovisualização, pois lhes falta capacitação ou recursos digitais (hardware e software) para avançar no potencial total dessa tecnologia.

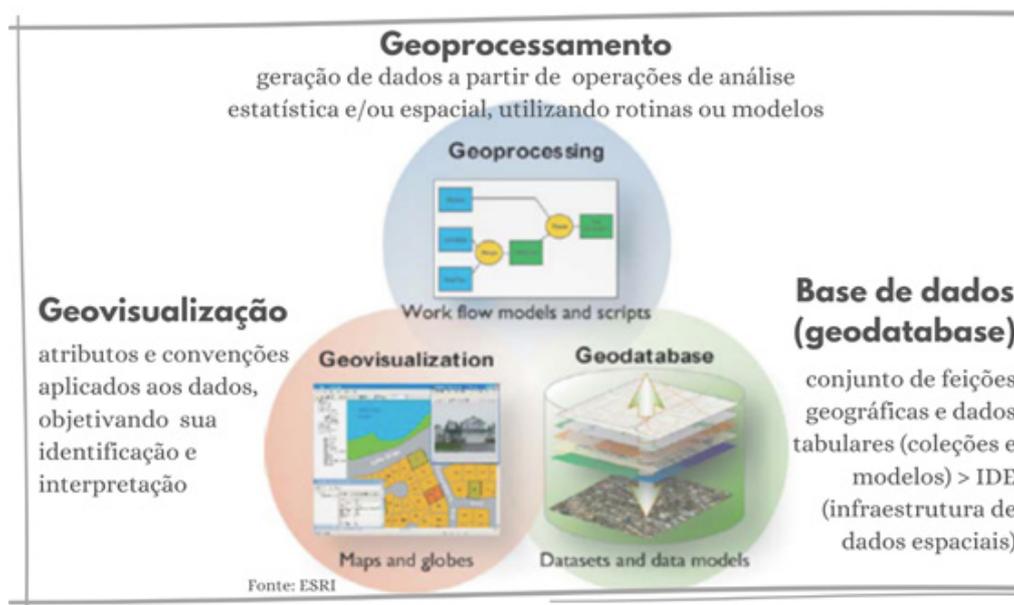


Figura 5: A estrutura de um SIG. Fonte: Harlow, 2005 (adaptado pelos autores).

Em 1967, o geógrafo Roger Tomlinson (1933-2014) criou o primeiro SIG computadorizado, o Canadian Geographical Information System, voltado para a gestão ambiental. Desde então, as Geotecnologias se desenvolveram de forma bastante acelerada, e já na virada deste século se tornava possível efetuar operações de geoprocessamento em computadores pessoais. O passo seguinte foi poder realizar toda a utilização e o processamento na nuvem, através dos Web-Servers e dos dispositivos móveis. Isso não só popularizou o emprego do SIG nas mais diversas áreas (segurança, infraestrutura, logística, mobilidade etc.), como passou a difundir as Geotecnologias como ferramentas úteis para monitoramento, controle e simulação dos espaços físicos e territoriais.

O SIG também oferece a possibilidade de servir de plataforma e, assim,

viabilizar interoperabilidade entre programas e aplicativos voltados para análises mais específicas. No caso do Manejo das Águas Pluviais e da Drenagem Urbana, pode ser citada como exemplo a modelagem hidráulica computacional. As ferramentas de Geotecnologias dão importante suporte ao desenvolvimento de modelos computacionais ágeis, versáteis e de fácil compreensão. Esse suporte permite uma melhor leitura do território, facilitando a sua interpretação e, assim, a sua representação computacional, que será utilizada para a modelagem matemática dos fenômenos físicos envolvidos na dinâmica das cheias.

Na outra ponta, após o processamento numérico para simulação computacional do evento de cheia, as Geotecnologias auxiliam na apresentação dos resultados, facilitando o entendimento das interações entre os escoamentos superficiais e o território. Dessa forma, a etapa de representação dos resultados poderá subsidiar o processo de divulgação e de tomada de decisão de possíveis cenários futuros, como intervenções estruturais para ordenamento dos escoamentos e mitigação das inundações, e também alterações no uso e cobertura do solo, que poderão impactar a dinâmica desses escoamentos, evitando assim a intensificação das inundações.

Um exemplo de aplicação dessa interação entre as ferramentas de geotecnologia e de modelagem computacional de cheias pode ser encontrado nos recentes avanços operacionais do Modelo de Células de Escoamento, o MODCEL (MIGUEZ, 2001; MASCARENHAS & MIGUEZ, 2002; Mascarenhas et al., 2005; MIGUEZ et al., 2011), desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O MODCEL é um modelo hidrodinâmico com módulo hidrológico acoplado, apropriado para a representação de sistemas hídricos complexos, especialmente os que se observam em áreas urbanas, onde podem ser encontradas diferentes leis hidráulicas representativas das interações entre os escoamentos superficiais, resultantes das chuvas intensas, e o território. Nele, a representação do espaço urbano se faz através de um conjunto de células, partindo do princípio de que uma bacia pode ser subdividida em um conjunto de compartimentos homogêneos interligados (células de escoamento), que representam as paisagens urbanas e naturais. A modelagem busca um arranjo tal que reproduza os padrões de escoamento dentro ou até mesmo fora da rede de drenagem, pois ao sair desta, o caminho da água pode ser qualquer um, ditado pelos padrões de urbanização.

O esquema de solução matemática dos fluxos de água utiliza uma formulação dita "quasi-bidimensional" (quasi-2D), que representa o espaço e suas interações bidimensionais, mas adota equações unidimensionais. Isso torna o modelo capaz de particularizar a representação de diferentes estruturas hidráulicas (canais, galerias, vertedouros, bueiros etc.) e morfológicas (planícies, encostas, elementos do sistema viário, ambiente construído etc.), formando uma rede multidirecional de escoamentos bidimensionais, caracterizada por ligações-tipo que definem uma topologia de relações unidimensionais de troca. Adicionalmente,

o MODCEL permite a representação dos escoamentos nas redes de condutos do sistema de drenagem, de forma interativa com a superfície, sendo, assim, denominado como um modelo em multicamadas. Ou seja, o MODCEL é um modelo hidrológico-hidrodinâmico quasi-2D em multicamadas.

No MODCEL, as Geotecnologias fornecem os dados de entrada básicos (inputs) relacionados à modelação topográfica e hidráulica da bacia. Nessa etapa, procura-se representar, no arranjo das células, a realidade física modelada, o que consiste na interpretação das informações dos mapas e da paisagem local, transformando-as em células e seus atributos. As células de escoamento produzidas são então associadas a um modelo matemático para a simulação de enchentes urbanas, onde a princípio são definidas as células individuais, que depois dão forma a uma grande malha de células agrupadas e interconectadas por leis hidráulicas específicas, responsável pela determinação dos padrões de escoamento que poderão ocorrer sobre a superfície e na rede de drenagem.

No conceito multicamadas, o escoamento consegue, portanto, ocorrer simultaneamente em duas camadas, uma superficial e outra subterrânea em galeria, sendo possível haver comunicação entre as células de superfície e de galeria. Nas galerias, o escoamento é considerado inicialmente à superfície livre, mas pode vir a sofrer afogamento, passando a ser considerado sob pressão.

O resultado da modelação de cheias urbanas através do MODCEL permite acompanhar toda a dinâmica das inundações, pois as saídas (outputs) da modelagem correlacionam fluxos, vazões e níveis de inundação ao longo do tempo para cada cenário simulado, em cada célula e em suas interações, permitindo sua comparação com a situação atual. Em um exemplo prático de aplicação, o MODCEL foi utilizado para simular cheias na bacia hidrográfica do rio dos Macacos, afluente à Lagoa Rodrigo de Freitas, zona sul da cidade do Rio de Janeiro (MIGUEZ et al., 2012). Nessa modelagem, foram simulados um cenário atual, que representa as condições existentes de ocupação e do sistema de drenagem, e cenários de projeto, que representam possíveis intervenções para um melhor ordenamento dos escoamentos superficiais, visando a mitigação das inundações nessa região. A Figura 6 traz a representação espacial dos resultados dessa modelagem, em termos de mancha de inundação (altura máxima de alagamento resultante de uma enchente).





Figura 6: Mancha de inundação para a (a) Situação atual e para o (b) cenário obtido com proposta de intervenções, com uso do MODCEL. Fonte: Miguez et al., 2012.

A contribuição das Geotecnologias para esses tipos de aplicação está justamente na vantagem de sua interoperabilidade com o SIG, facilitando a aquisição e a organização dos dados de entrada, a comparação e a análise dos dados de saída, e a disseminação dos resultados.

Adicionalmente ao uso para apoio aos sistemas de modelagem computacional de cheias, as Geotecnologias auxiliam na etapa de caracterização e diagnóstico do território, permitindo uma leitura mais eficiente das diversas camadas que compõem o ambiente natural-construído, como proposto por McHarg (1969) e apropriado aqui como metodologia de análise territorial para o manejo das águas pluviais. A ferramenta de Geotecnologia permite a sobreposição precisa dessas camadas, assim como o uso de diversas operações geoespaciais para o correlacionamento entre elas.

Dentro desse contexto dos problemas e soluções, cada vez mais se faz presente o emprego das Geotecnologias no ciclo que envolve a concepção, o projeto, a execução, a manutenção e a readequação de Sistemas Urbanos, dos quais foi destacado, neste capítulo, o Manejo das Águas Pluviais e a Drenagem Urbana. Importante abordar esse ciclo que, baseado no conceito de Engenharia de Projeto de Asimow (1962), podemos aqui chamar de “ciclo da vida útil de uma intervenção urbana”. Muitas vezes as Geotecnologias estão presentes apenas em algumas de suas etapas, e nem sempre contemplam todos os atores que deveriam estar envolvidos no processo. Integrando etapas e incluindo atores é que podemos aplicar, ao Manejo das Águas Pluviais e à Drenagem Urbana contemporânea, os conceitos de “inteligente” e “sustentável”. As Geotecnologias emergem, portanto, como facilitadoras de comunicação, mediadoras de conflitos e instrumentos de educação para a cidadania. O uso dessas ferramentas, sob esses aspectos, traz à tona duas importantes perguntas apresentadas pelo Estatuto da Cidade: qual é a cidade que temos e qual é a cidade que queremos ter?

No entanto, para que o emprego das Geotecnologias continue evoluindo no sentido de atingir estes pressupostos do Manejo das Águas Pluviais – inteligente e sustentável –, é necessário observar a dinâmica deste ciclo no que tange a

fatores como governança, cidadania, tecnologia e resiliência.

Pelo lado da governança, começamos pelas políticas públicas relacionadas ao saneamento, em especial as de drenagem urbana. Por apresentarem, na perspectiva das infraestruturas cinzas, em sua maioria obras e intervenções efetuadas abaixo do solo, não são visíveis ou perceptíveis no dia a dia, mas são reclamadas nos momentos em que a população e os bens patrimoniais são colocados em risco ou sofrem consequências graves. Mesmo assim, essas obras devem ser políticas de estado, e não de governo, pois a duração deste “ciclo de intervenção” consome tempo superior ao do mandato de um governante. Por outro lado, na perspectiva de “quem conhece, cuida” – de que devemos pensar em medidas biodiversas, baseadas na natureza –, as soluções de infraestrutura verde e azul trazem múltiplas vantagens, dentre elas a melhoria da governança. Assim, as ferramentas de geotecnologias vêm contribuindo para essa compreensão coletiva do território, de suas características físicas e de suas interações recíprocas com o meio urbano, ajudando no reconhecimento do espaço público como vital para a construção de cidades sustentáveis e resilientes.

Uma forma de driblar este óbice é a aprovação de marcos legais, onde são fixadas por lei metas de médio e longo prazo. A Lei nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento Básico) normatiza as atividades das prestadoras de serviços de saneamento por meio de instrumentos relacionados à capacidade financeira, estabelecimento de parcerias público-privadas, universalização dos serviços, padrões de eficiência e qualidade, regularização tarifária e caducidade dos contratos.

Anterior a esse marco legal, a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como “Estatuto da Cidade”, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, já havia estabelecido diretrizes gerais da política urbana em seu Art. 2º. § I:

*A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais: I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, **ao saneamento ambiental**, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. (grifos nossos)*

Dando mais robustez à sua aplicação, vieram as leis municipais conhecidas como “Lei do Plano Diretor Estratégico” (PDE). No município de São Paulo foi aprovada a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, e esse PDE prevê o horizonte de até 2029 para que seus objetivos sejam alcançados, a saber: Função Social da Cidade e da Propriedade Urbana; Equidade e Inclusão Social e Territorial; Gestão Democrática; Direito à Cidade; Direito ao Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado.

Aliando a governança à tecnologia, surge uma nova modalidade de gestão

denominada Administração Municipal de Precisão (AMP), pautada pela transparência e eficiência. O Sistema de Informações Geográficas (SIG), aliado aos dispositivos de posicionamento global (GPS) e de Sensoriamento Remoto, abre um potencial enorme para que os gestores públicos possam explorar os recursos disponíveis para além da simples visualização e disseminação de dados. O entendimento dessa dinâmica espacial permite enriquecer os processos de tomada de decisão, atuar com maior acerto no planejamento e otimizar a aplicação do orçamento. No entanto, nem todos os municípios possuem os recursos técnicos, financeiros e humanos para implantar e gerir com sucesso o ambiente das Geotecnologias, e isso causa uma enorme assimetria na busca por esse novo paradigma da gestão pública. Grande parte dos gestores recorre, então, a empresas especializadas, o que gera custos adicionais e retarda o processo de capacitação de seu próprio pessoal.

Ainda dentro do contexto da AMP, ferramentas como o Cadastro Multifinalitário (LOCH; ERBA, 2007), apoiado em plataforma SIG, possibilitam não só a identificação e a resolução de conflitos, como uma maior integração entre os diversos gestores: antes dispersos em vários níveis e áreas de atuação, a partir da implantação desse cadastro passam a operar sobre uma base de dados unificada e consistente. Mesmo assim, sua consolidação enfrenta uma série de desafios, pois registros elaborados em épocas e instâncias diferentes apresentam discrepâncias que têm de ser arbitradas e equacionadas pelo poder público.

Outras vantagens do cadastro multifinalitário, uma vez que esteja consolidado e com seus metadados corretamente registrados, são:

- a busca estruturada na base de dados a partir de temas, autorias, escalas, formatos etc.;
- a identificação dos responsáveis pela produção do dado e pelo histórico de edições;
- a velocidade e efetividade na atualização e disseminação da informação.

O já citado Estatuto da Cidade preconiza que o Plano Diretor seja participativo e, nesse contexto, é importante promover a inclusão de atores como os cidadãos, as entidades representativas e as instituições e organizações estabelecidas no município. As Geotecnologias podem auxiliar nesse processo, pois a visualização de mapas digitais, com sobreposição de temas e vistas tridimensionais, (ex: maquetes elaboradas em impressoras 3D) auxilia a capacidade cognitiva dos participantes.

Promove-se então maior acessibilidade à informação e facilidade de interpretação, gerando uma nova dinâmica na discussão e na simulação de cenários possíveis. No que se refere à divulgação de informações acerca dos riscos de inundações, metodologias multicritério podem ser aplicadas e seus resultados

facilmente ilustrados em mapas com classes de risco, incluindo análises tanto das parcelas que compõem o perigo (altura de alagamento, extensão da inundação, velocidade de escoamentos e tempo de permanência dos alagamentos), como da vulnerabilidade do próprio sistema. Essa divulgação ajuda no entendimento sobre o que pode ser feito para evitar a intensificação dos riscos.

Na Figura 7 vemos o preparo para saída em uma impressora 3D da maquete do município de Maricá em oito módulos na escala 1:50.000, sendo visto no detalhe um dos módulos já impressos. O objetivo é que essa maquete seja montada em um plano vertical e, sobre ele, sejam projetados os mapas temáticos e cenários prováveis, a serem abordados nas audiências públicas previstas no Plano Diretor Participativo ou em qualquer outra discussão sobre intervenções territoriais. Pretendemos, assim, contribuir com mais uma opção para o exercício da cidadania e para a busca por ambientes urbanos biodiversos, já abordada nas páginas iniciais, e que agora relacionamos ao emprego dessas Geotecnologias.



Figura 7: Modelagem de maquete em impressora 3D para o município de Maricá. Fonte: Autores.

O acesso à Geovisualização tem sido cada vez mais facilitado para os cidadãos, permitindo que as pessoas – antes alheias a esse recurso por questões de renda, escolaridade ou capacitação técnica – possam agora “navegar” por modelos tridimensionais e nos quais possam identificar facilmente os locais onde vivem, trabalham ou exercem outras atividades, e os correlacionem com temas como risco de inundação, potencial de deslizamentos, uso do solo, mobilidade e logística emergencial.

É justamente nessa questão da logística emergencial, que relaciona a resiliência com as Geotecnologias, onde podem surgir mais inovações direcionadas à proteção e à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. O primeiro passo consiste em elaborar uma Geodatabase, contendo os protocolos, as rotas e os locais onde a população consiga encontrar segurança e suporte durante um evento climático, no qual o sistema de drenagem não esteja dando a resposta esperada – seja por projetos incipientes, seja por eventos climáticos severos. A incorporação de bases de dados logísticos a aplicativos de emergência baseados em inteligência

é capaz de abreviar o tempo de resposta e, com isso, salvar e preservar vidas. Na outra ponta, profissionais e recursos podem ser antecipadamente mobilizados caso o cenário se apresente com agravamento. Já os cidadãos teriam como, mediante plataformas colaborativas, enviar imagens em tempo real de como o impacto das chuvas na drenagem está evoluindo em sua área de permanência. Esta interação colaborativa propicia ainda um expressivo aumento na aquisição de dados sobre ocorrência de eventos, auxiliando no aprendizado contínuo sobre o comportamento das cheias.

Nesse ponto, a integração de sistemas que operam com imagens de radares meteorológicos, dados em tempo real de estações meteorológicas (intensidade e direção dos ventos), pluviométricas e fluviométricas, pode indicar o nível de gravidade previsto para o evento climático severo. Na imagem da Figura 8 pode ser observada a tabulação de dados em 24 horas, por análise estatística (IDW), efetuada no software ArcGIS. Trata-se de uma chuva severa que paralisou parte do município do Rio de Janeiro em 09/04/2019. É interessante observar, neste cenário, como o relevo e a direção dominante dos ventos causou uma enorme assimetria na intensidade das chuvas, sendo elas muito mais severas ao sul dos Maciços da Tijuca e da Pedra Branca, reforçando assim a demanda por recursos que prevejam eventos em escala local.

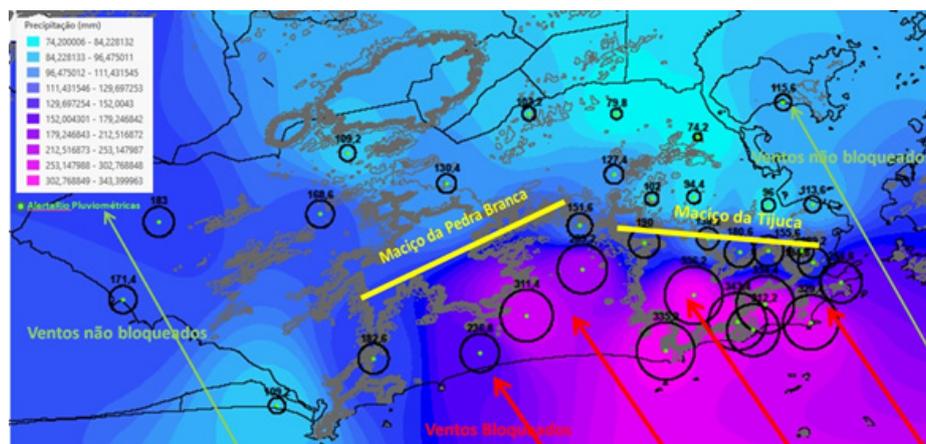


Figura 8: Dados pluviométricos e influência de ventos e relevo no município do Rio de Janeiro em evento de chuva severa ocorrido em 2019. Fonte: Autores.

Vislumbrando aqui uma possível aplicação para Smart Cities, a previsão mais acurada desse evento e de suas consequências para o sistema de drenagem local poderia ser obtida por uma análise inteligente de dados. Por exemplo, os dados de pluviometria e do radar meteorológico do Alerta Rio (escala do município) poderiam ser cruzados com os do CPTEC/INPE (escala regional) e de outras fontes de dados meteorológicos, para então serem cotejados com o histórico da evolução de outros eventos na mesma localidade, e as influências de sua topografia, hidrografia e ambiente construído. Respostas de modelos computacionais de cheia poderiam ser analisadas frente aos eventos previstos e/ou em andamento, de forma a se antecipar possíveis impactos sobre a cidade. É neste ponto que a inteligência artificial entra, trazendo o desafio

para aqueles que desejem explorar a interoperabilidade de sistemas, a integração de dados, a sincronia de escalas e a geração de algoritmos para aprendizagem de máquina, objetivando uma previsão mais acurada para a escala local.

As Geotecnologias estão em constante evolução, aumentando as possibilidades de utilização tanto para os desenvolvedores de aplicativos quanto para os usuários finais. A constante familiarização com a leitura de mapas digitais que já permeia a vida do cidadão, como em aplicativos de transporte e de orientação espacial, facilita a assimilação das informações espaciais e sua utilização na tomada das decisões cotidianas. São interfaces homem-dispositivo-sistema cada vez mais adequadas e amigáveis, ganhando a confiança e a aceitação do cidadão.

No entanto, contar com uma plataforma robusta de Geotecnologias, que permita que todas as utilidades previstas para a arquitetura de uma Smart City operem com segurança e eficiência, é uma premissa importante que deve ser observada como ponto de partida para qualquer proposta nesta direção. Por esse motivo, a maioria das organizações e empresas têm optado pelo uso de softwares licenciados. Estes têm um custo elevado de aquisição e de manutenção das licenças, mas seu desenvolvimento foca no ambiente corporativo e institucional, garantindo homogeneidade e consistência na gestão de multiusuários, nos dados armazenados e nas soluções geradas.

Embora as instituições de pesquisa e startups tenham capacidade de desenvolver produtos-piloto em seus laboratórios, incubadoras e escritórios técnicos, elas apresentam um campo de disseminação mais restrito por sua característica de produto em desenvolvimento. Nesse ponto, a atuação de agências de fomento e de inovação pode dar o apoio necessário para obtenção de financiamento e disseminação, e assim escalar o seu produto para fora do ambiente de P & D.

Softwares livres até correspondem bem na produção de mapas digitais e algumas análises espaciais e estatísticas, mas não atendem tanto aos requisitos de responsabilidade técnica sobre o produto, apoio on-line ao usuário, implantação dos avanços mais recentes no ambiente SIG e soluções mais customizadas de manutenção, integração e compartilhamento.

O aspecto da interoperabilidade e da uniformização de padrões de dados espaciais vai contribuir em muito para que a convivência entre software licenciado, produto tecnológico desenvolvido sob demanda e software livre continue a existir. No final, é o cidadão ganhando pela característica não excludente e interativa dessas diversas formas de aplicar a Geotecnologia, e coparticipando de um processo de evolução cada vez mais como personagem ativo, e menos como passivo.

## **Considerações finais: perspectivas e cenários para o impacto dos projetos de drenagem na Cidade Inteligente e Sustentável.**

O manejo sustentável das águas urbanas é um tópico de grande importância para o planejamento urbano e territorial, visando minimizar os impactos negativos causados por enchentes e inundações, bem como promover a gestão eficiente dos recursos hídricos e a preservação do meio ambiente. Nesse contexto, a aplicação de Geotecnologias e a adoção de princípios ESG (ambiental, social e governança) com vistas ao atendimento dos ODS (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável) têm importância destacada para o desenvolvimento dos projetos de drenagem urbana sustentável.

A utilização de Geotecnologias, como sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto, modelagem hidrológica e hidráulica, entre outras, tem proporcionado uma abordagem mais precisa e integrada na gestão dos recursos hídricos e na tomada de decisões relacionadas à drenagem urbana, incorporando uma visão estratégica e multiescalar do espaço, além de propiciar a leitura detalhada de diversos aspectos que compõem o território.

Através dessas ferramentas, é possível obter dados atualizados e detalhados sobre as características das bacias hidrográficas, a topografia, a ocupação do solo, a infraestrutura de drenagem existente, entre outros, permitindo a identificação de áreas críticas, a análise de diferentes cenários e a definição de estratégias adequadas para a mitigação dos problemas de drenagem. A criação de cenários futuros, especialmente os mais adversos, permite a definição mais acertada dos caminhos a serem seguidos durante a implantação dos programas, ações e projetos propostos, ainda em sua fase de planejamento.

As Geotecnologias aplicadas a esse contexto – problema x solução – são também uma contribuição importante para o planejamento da logística emergencial. Essa logística não só permite abreviar o tempo de resposta a um evento de chuvas severas, como também possibilita a gestão de cenários específicos para as ações direcionadas à pronta intervenção, à preservação da vida e ao retorno à normalidade.

A adoção de princípios ESG e o compromisso com os ODS nos projetos de drenagem urbana sustentável contribuem para uma gestão mais responsável e integrada dos aspectos ambientais, sociais e de governança. A consideração de critérios ESG, como a minimização do impacto ambiental, a promoção da equidade social e a transparência na gestão, possibilita a implementação de ações mais sustentáveis e socialmente justas, resultando em benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a comunidade local. A integração dos ODS, estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU, nos projetos de drenagem urbana sustentável, contribui para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável, tais como a garantia da água limpa e saneamento, a redução das desigualdades, a promoção

de cidades sustentáveis e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

A promoção de Cidades Inteligentes, que se caracterizam pelo uso de tecnologia, inovação e sustentabilidade, pode colaborar para uma boa drenagem urbana sustentável, dentro de um contexto mais amplo de manejo das águas pluviais. A integração de sistemas de monitoramento e controle, a coleta de dados em tempo real e a participação da população podem contribuir para uma gestão mais eficiente, transparente e participativa nas decisões sobre a drenagem urbana.

É importante ressaltar que, para tal, são requeridas ações integradas, mobilização da população, capacitação de equipes técnicas, criação de instrumentos de gestão e monitoramento, e a integração com outras políticas públicas relacionadas, destacadamente, à biodiversidade e ao uso e ocupação do solo. É necessário também considerar aspectos socioambientais, como o exercício da cidadania, a conservação pelo uso das infraestruturas verdes e azuis com soluções baseadas na natureza, a preservação da biodiversidade, a proteção da qualidade da água e do solo e a promoção da justiça social.

Por fim, as abordagens mais novas sobre o planejamento e a gestão das águas pluviais, que consideram o sistema hídrico como um eixo estruturante do próprio planejamento urbano-territorial, potencializam-se com o apoio das geotecnologias, permitindo que uma leitura detalhada e diversificada do território seja realizada, o que resulta em um diagnóstico mais acurado do sistema interdependente construído-natural. Sob o conceito das Soluções Baseadas na Natureza, estruturando o território a partir de uma grande rede de Infraestrutura Verde e Azul e apoiando-se em uma urbanização sensível à água, por meio da aplicação dos conceitos de WSUD, relações mais harmônicas entre o ambiente natural e o construído podem ser alcançadas, direcionando o desenvolvimento de nossos sistemas antrópico-naturais para um futuro sustentável. A compreensão do comportamento da natureza e a incorporação de seus benefícios dentro do dia a dia das cidades é uma das componentes necessárias para a criação de uma cidade verdadeiramente inteligente.

## Referências Bibliográficas

Alerta Rio [https://www.google.com/url?q=http://alertario.rio.rj.gov.br/&sa=D&source=docs&ust=1682364261363221&usg=AOvVaw0y\\_IBWvFEMckBuc13-38-i](https://www.google.com/url?q=http://alertario.rio.rj.gov.br/&sa=D&source=docs&ust=1682364261363221&usg=AOvVaw0y_IBWvFEMckBuc13-38-i)

AMP <https://www.google.com/url?q=https://mundogeo.com/2013/02/15/gestao=-publica/&sa=D&source=docs&ust1682364261338723=&usg-AOvVaw38sKeBQSUO7PFVTg-jA-X-Y>

ASIMOV <https://www.google.com/url?q=https://www.amazon.com/Introduction-Design-M-Asimow/dp/B000H42VNI&sa=D&source=docs&ust=1682364261339882&usg=AOvVaw0vcqCz4mP0XfXowy60ZlQL>

- BARBOSA, A.E., FERNANDES, J. N. e DAVID, L. M., 2012. Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water Research*. In Press, Corrected Proof.
- Battemarco, B. P., 2023. Quadro Metodológico para Avaliação da Resiliência de Infraestruturas Críticas a Inundações, Considerando Efeitos Cascata. Tese (doutorado), UFRJ/ COPPE - Programa de Engenharia Civil, 2023.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington D.C.: Island Press: [s.n.].
- Brundtland Report (1986) «Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future» (PDF). Nações Unidas (em inglês). 1987. Consultado em 2 de fevereiro de 2021
- CANHOLI, A. P. *Drenagem urbana e controle de inundação*. [s.l.] Oficina de Textos Publisher, São Paulo, Brazil, 2005.
- CANHOLI, A.P., 2005. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de Textos, São Paulo. 304 p.
- Castellanos, E., M.F. Lemos, L. Astigarraga, N. Chacón, N. Cuvi, C. Huggel, L. Miranda, M. Moncassim Vale, J.P. Ometto, P.L. Peri, J.C. Postigo, L. Ramajo, L. Roco, and M. Rusticucci, 2022: Central and South America. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1689–1816, doi:10.1017/9781009325844.014.
- CONEN. *Plano Municipal de Saneamento Básico de Maricá (PMSB)*. Maricá, 2015.
- CONSÓRCIO QUANTA-LERNER. *Plano Estratégico De Desenvolvimento Urbano Integrado Da Região Metropolitana Do Rio De Janeiro (PEDUI) - Tomo I*, 2018.
- EC. *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: final report of the Horizon 2020 expert group on "Nature-based solutions and re-naturing cities"*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, 2015. Disponível em: <<https://data.europa.eu/doi/10.2777/763305>>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, *Evaluating the impact of nature-based solutions: a handbook for practitioners*, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/244577>
- FLETCHER, T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015.

FOLCH, Ramon. Los conceptos socioecológicos de partida. In: \_\_\_\_\_ (Coord.). El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación. Diputació de Barcelona, 2002.

FONT; LLOP; VILANOVA. La construcció del territori metropolità. Morfogènesi de la regió urbana de Barcelona, 1999.

GREATER SYDNEY LOCAL LAND SERVICES. Water Sensitive Urban Design – WSUD. Disponível em: <<https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/business-industry/partners-suppliers/documents/centre-for-urban-design/water-sensitive-urban-design-guideline.pdf>>.

HARLOW, M. ArcGIS Reference Documentation. ESRI: Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, 2005.

INPE [https://www.google.com/url?q=http://satelite.cptec.inpe.br/soschuva-app/&sa=D&source=docs&ust=1682364261362687&usg=AOvVaw3zpu66i\\_x\\_fEMklcnnkja\\_](https://www.google.com/url?q=http://satelite.cptec.inpe.br/soschuva-app/&sa=D&source=docs&ust=1682364261362687&usg=AOvVaw3zpu66i_x_fEMklcnnkja_)

LYNCH, Kevin. A BOA FORMA DA CIDADE Lisboa: Edições 70, LDA, 1981.

KARNIB, A.; AL-HAJJAR, J.; BOISSIER, D. An expert system to evaluate the sensitivity of urban areas to the functioning failure of storm drainage networks. Urban Water, v. 4, p. 43–51, 2002.

KIRBY, A. SuDS – Innovation or a Tried and Tested Practice? Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Municipal Engineer, v. 158, n. 2, p. 115–122, 2005.

Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001.

Lei nº 14.026/2020 de 15 de julho de 2020.

Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014.

Loch, C. e Erba, D. A., 2007 [https://www.google.com/url?q=https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/cadastro-tecnico-multifinalitario-rural-e-urbano-full.pdf&sa=D&source=docs&ust=1682364261341008&usg=AOvVaw0WvhubqNyGp4XTjarS\\_uaR](https://www.google.com/url?q=https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/cadastro-tecnico-multifinalitario-rural-e-urbano-full.pdf&sa=D&source=docs&ust=1682364261341008&usg=AOvVaw0WvhubqNyGp4XTjarS_uaR)

LYNCH, Kevin. A Boa Forma da Cidade. Lisboa: Edições 70, 1981.

MAGALHÃES, L.P.C.; MIGUEZ, M.G.; MASCARENHAS, F.C.B.; MAGALHÃES, P.C.; BASTOS, E.T. & COLONESE, B.L. 2005. Sistema Hidro-Flu para Apoio a Projetos de Drenagem. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa, PB, Brasil. 1 CD-ROM.

MAGALHÃES, P. C. et al. Sistema HIDRO-FLU para apoio a Projetos de Drenagem. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa. Anais. 2005.

MANG, P.; REED, B. Regenerative Development and Design. *Encyclopedia Sustainability Science & Technology*, p. 8855 – 8879, 2012. Disponível em: <[https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3\\_303](https://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_303)>

MASCARENHAS, F.C.B. & MIGUEZ, M.G. 2002. Urban Flood Control through a Mathematical Cell Model. *Water International*, 27: 208-218, <http://dx.doi.org/10.1080/02508060208686994>

MCHARG, I. L., *Design With Nature*. New York: Garden City, 1969.

MELBOURNE WATER, 2004, *Water-sensitive urban design*, in: *Essential Facts*, Victorian Government.

MIGUEZ, M. G. et al. Urban Flood Control, Simulation and Management - an Integrated Approach. *Intech open*, v. 2, p. 64, 2010.

MIGUEZ, M. G. et al. Urban flood simulation using MODCEL-an alternative quasi-2D conceptual model. *Water (Switzerland)*, v. 9, n. 6, 2017.

MIGUEZ, M. G. Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas. Tese de DSc., COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

MIGUEZ, M. G.; DE MAGANHÃES, L. P. C. Urban Flood Control, Simulation and Management - an Integrated Approach. *Intech open*, v. 2, p. 131–160, 2010.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*. 1a ed. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MIGUEZ, M.G. 2001. Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 301p.

MIGUEZ, M.G., VERÓL, A.P., REZENDE, O.M., 2016, *Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Elsevier Brasil.

MIGUEZ, M.G.; MASCARENHAS, F.C.B. & VERÓL, A.P. 2011. MODCEL: A Mathematical Model for Urban Flood Simulation and Integrated Flood Control Design. In: 4° Convegno Nazionale di Idraulica Urbana. Venezia, VE, Itália. 1 CD-ROM.

MIGUEZ, M.G.; REZENDE, O. M. & VERÓL, A.P. Interações Entre o Rio dos Macacos e a Lagoa Rodrigo de Freitas sob a Ótica dos Problemas de Drenagem Urbana e Ações Integradas de Revitalização Ambiental. *Oecologia Australis*, 16(3): 615-650, Setembro, 2012. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1603.16>

MIRANDA, F. M. Índice de Suscetibilidade do Meio Físico a Inundações como Ferramenta para o Planejamento Urbano. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Programa de Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado, 2016.

Otoni, M.L.S.O., 2021, REQUALIFICAÇÃO FLUVIAL URBANA: UMA PROPOSTA PARA A BACIA DO RIO RONCADOR – DUQUE DE CAXIAS - RJ. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

PREFEITURA DE MARICÁ. Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil - PLANCON. Jornal Oficial de Maricá (JOM) 245 - 06/12/2019, p. 16, dez. 2022.

REZENDE, O. M. Análise quantitativa da resiliência a inundações para o planejamento urbano: caso da bacia do canal do Mangue no Rio de Janeiro. [s.l.] Tese de DSc., COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018.

REZENDE, O.M., MIGUEZ, M.G., VERÓL, A.P., 2013, Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas – Estudo de caso dos Rios Pilar-Calombé. Duque de Caxias/RJ. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 2, p. 149-163.

ROY, A. H. et al. Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: Lessons from Australia and the United States. Environmental Management, v. 42, n. 2, p. 344–359, 2008.

TARDIN, Raquel. Espaços livres: sistema e projeto territorial. Rio de Janeiro: 7Letras, 2008.

WOODS, B. et al. The SUDS manual (C697). [s.l.: s.n.].

World Health Organization. Regional Office for Europe. (2016). Urban green spaces and health. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345751>



A sustentabilidade urbana e as cidades inteligentes são essenciais no mundo atual. Com a rápida urbanização, é vital repensar o planejamento urbano, equilibrando crescimento econômico, preservação ambiental e bem-estar social. A sustentabilidade propõe harmonizar recursos naturais, qualidade de vida e resiliência dos ecossistemas. Cidades inteligentes utilizam tecnologias como IoT, big data e inteligência artificial para otimizar serviços urbanos, melhorar infraestruturas e promover participação cidadã. Estas cidades impulsionam a sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança participativa. Planejadores e decisores devem adotar princípios de sustentabilidade e inovação. Estratégias que priorizam esses elementos são cruciais para cidades resilientes, preparadas para os desafios do século XXI. O livro "Planejamento Ambiental Urbano: Alicerces de uma Cidade Inteligente e Sustentável" reúne especialistas que exploram esses temas em onze capítulos, refletindo suas vivências e pesquisas em centros urbanos. Esta obra inspira e orienta a construção de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

