

Mendes, Alesi Teixeira; dos Santos, Gesmar Rosa

Working Paper

Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: O que falta para o Brasil adotar?

Texto para Discussão, No. 2791

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Mendes, Alesi Teixeira; dos Santos, Gesmar Rosa (2022) : Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: O que falta para o Brasil adotar?, Texto para Discussão, No. 2791, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2791>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/284855>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2791

**DRENAGEM E MANEJO SUSTENTÁVEL
DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: O QUE
FALTA PARA O BRASIL ADOTAR?**

**ALESI TEIXEIRA MENDES
GESMAR ROSA DOS SANTOS**



**DRENAGEM E MANEJO SUSTENTÁVEL
DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: O QUE
FALTA PARA O BRASIL ADOTAR?**

**ALESI TEIXEIRA MENDES¹
GESMAR ROSA DOS SANTOS²**

-
1. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea).
 2. Técnico de planejamento e pesquisa na Dirur/Ipea.

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

ERIK ALENCAR DE FIGUEIREDO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

ANDRÉ SAMPAIO ZUVANOV

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

FLAVIO LYRIO CARNEIRO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
MARCO ANTÔNIO FREITAS DE HOLLANDA CAVALCANTI

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

NILO LUIZ SACCARO JUNIOR

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de
Inovação e Infraestrutura**

JOÃO MARIA DE OLIVEIRA

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

HERTON ELLERY ARAÚJO

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas e
Políticas Internacionais**

PAULO DE ANDRADE JACINTO

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação (substituto)

JOÃO CLÁUDIO GARCIA RODRIGUES LIMA

OUVIDORIA: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: H77; O18; Q25.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2791>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 TRAJETÓRIA DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL	8
3 DRENAGEM URBANA NO BRASIL: ASPECTOS QUANTITATIVOS.....	14
4 INSTRUMENTOS, LACUNAS E CAPACIDADES ESTRATÉGICAS	20
5 LIMITAÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	29
6 FINANCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA: PERSPECTIVA ATUAL E TENDÊNCIAS	35
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	46

SINOPSE

As cidades e suas populações têm sofrido com os impactos da urbanização acelerada, com desastres naturais, sobretudo envolvendo as águas urbanas. As perdas humanas e materiais presenciadas nos anos recentes, no Brasil e no mundo, alertam quanto à importância da transição para modelos de desenvolvimento urbano mais resilientes e sustentáveis. Neste caminho, o objetivo deste *Texto para Discussão* é apresentar dados e fazer uma reflexão acerca da trajetória e das condições atuais do Brasil quanto à gestão das águas urbanas. Utiliza-se o recorte na drenagem pluvial sustentável como alternativa e tendência para a solução dos desafios do manejo das águas pluviais no presente e no futuro, inclusive em razão das variações e possíveis mudanças no clima. Utilizando-se dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop) destacam-se os elementos históricos e conjunturais dos serviços de drenagem urbana no Brasil. Ressalta-se a importância do incentivo à transição dos investimentos para a integração de iniciativas de drenagem ao conjunto de políticas urbano-habitacionais, com foco nas infraestruturas de bases sustentáveis. Nesse sentido, são apontadas diretrizes para políticas públicas.

Palavras-chave: saneamento; gestão sustentável; drenagem urbana; políticas públicas.

ABSTRACT

Cities and their populations have suffered from the impacts of accelerated urbanization, with natural disasters, especially involving urban waters. The human and material losses witnessed in recent years, in Brazil and in the world, call attention to the importance of the transition to more resilient and sustainable urban development models. In this way, the objective of this *Discussion Paper* is to present data and reflect on the trajectory and current conditions in Brazil regarding urban water management. The cut in sustainable rainwater drainage is used as an alternative and trend for the solution to the challenges of rainwater management in the present and future, including due to variations and possible changes in the climate. Using data from the Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) – a Brazilian National Information System on Sanitation (rainwater drainage, sewage, drinking water, and solid waste) – and the Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop) – a Brazilian Integrated Planning and Budget System – historical and conjunctural elements of urban drainage services in Brazil are discussed. The importance of encouraging the transition of investments to integrate drainage initiatives into the set of urban-housing policies, focusing on efficient and sustainable infrastructures, is highlighted. In this sense, guidelines for public policies are pointed out.

Keywords: sanitation; sustainable management; urban rainwater drainage; public policies.

1 INTRODUÇÃO

O aumento das áreas urbanizadas, associado à desproporcionalidade com que as infraestruturas de drenagem urbana se ampliam, torna cada vez mais evidente que os sistemas tradicionais de manejo de águas pluviais, por si só, são ineficientes na gestão do escoamento superficial. Essa situação, somada aos eventos de enchentes, alagamentos e deslizamentos de terras no meio urbano, alerta para a urgência na transformação dos modelos de desenvolvimento urbano, integrando o manejo e consumo sustentável dos recursos naturais.

Outra preocupação cada vez mais emergente é o impacto do aumento, em frequência e em intensidade, de eventos naturais extremos (Zahmatkesh *et al.*, 2015; Ghodsi *et al.*, 2020; FAO, 2021; WMO, 2021; Roseboro *et al.*, 2021), afetando as infraestruturas existentes (Wilbanks e Fernandez, 2014; Howard *et al.*, 2016). São também preocupantes os impactos das mudanças climáticas e de outros eventos, como a urbanização desordenada, na elevação de riscos à vida e à qualidade e quantidade da água (Jain e Singh, 2018; Shiru *et al.*, 2019; Zango *et al.*, 2021). De acordo com UN-Water (2010), a água é o principal parâmetro pelo qual as mudanças climáticas impactam os ecossistemas e o bem-estar social.

Nesta perspectiva, atualmente há um grande estímulo às pesquisas que procuram entender melhor as tendências dos regimes de precipitação em todo o planeta (Chapa, Pérez e Hack, 2020; Hosseinzadehtalaei, Tabari e Willems, 2020; Konapala *et al.*, 2020; Wolf, Woolf e Bricheno, 2020), inclusive no Brasil (Ávila *et al.*, 2016; Cunha *et al.*, 2019; Marengo *et al.*, 2020). O desafio é incorporar os resultados das pesquisas no aperfeiçoamento, na implementação e no monitoramento de novas políticas e instrumentos, com ações integradas.

Segundo o *Atlas de Mortalidade e Perdas Econômicas*, da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization – WMO), os três desastres naturais que ocasionaram mais perdas humanas no mundo estão relacionados aos regimes de precipitação, ou seja, com o excesso ou a escassez de chuvas: as secas, as tempestades e as inundações totalizaram, aproximadamente, 1,3 milhão de mortes entre 1970 e 2019 (WMO, 2021). Em média, pelo menos um desastre relacionado ao clima ou à água ocorreu por dia no mundo ao longo dos cinquenta anos analisados, causando US\$ 202 milhões em perdas diárias.

Além dos impactos diretos desses desastres, são afetados também outros setores essenciais que dependem da disponibilidade de água e de sua potabilidade, como a produção de alimentos, o abastecimento humano, o lazer e os transportes. Os eventos extremos relacionados à falta de chuvas e ao aumento dos dias de seca na região Sudeste do Brasil (Marengo *et al.*, 2015; 2020; Santos e Santos, 2020), por exemplo, têm ameaçado os sistemas de abastecimento das

TEXTO para DISCUSSÃO

regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo (Cunha *et al.*, 2019; Milano *et al.*, 2018). Da mesma forma ocorre com as inundações e os deslizamentos, sendo que as medidas compensatórias ou corretivas, no caso da drenagem das águas pluviais, principalmente, são complexas e, em várias situações, impraticáveis em razão do alto custo social e econômico.

Entre os impactos dos desastres de natureza hidrológica estão sempre as perdas materiais e humanas e, vale lembrar, afetam principalmente as comunidades mais pobres e vulneráveis (UN-Water, 2019). Por isso, o tema manejo das águas, em todo o seu ciclo, está na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especificamente nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 (água e saneamento) e 11 (cidades e comunidades sustentáveis) (ONU, 2015).¹ O Brasil, como outros países em desenvolvimento, sofre com a falta de infraestrutura básica – com destaque para áreas urbanas irregulares –, inclusive em encostas e áreas alagáveis, agravando os efeitos das chuvas (Miguez, Veról e Bianchini, 2014).

As soluções sustentáveis de manejo das águas urbanas, especialmente de drenagem, além dos benefícios ambientais como redução do escoamento superficial (Liao, Deng e Tan, 2017; Brown e Mijic, 2019; Yang *et al.*, 2020; Sui e Ven, 2021) e da poluição (Bressy *et al.*, 2014; Liao, Deng e Tan, 2017; Braswell, Anderson e Hunt, 2018; Zhao e Meng, 2020) são vistas como soluções viáveis economicamente, como mostrado no levantamento das experiências feito em Mendes e Santos (2021). Como discutido em Weitman, Weinberg e Goo (2008), Davis e Naumann (2017) e Mendes e Santos (2021) esse manejo sustentável, quando comparado às técnicas convencionais, torna-se um elemento-chave para a solução da situação presente e futura, inclusive em razão das variações e mudanças climáticas.

Neste contexto, este *Texto para Discussão* tem o objetivo de trazer dados e fazer uma reflexão acerca da trajetória e das condições atuais do Brasil quanto à gestão das águas urbanas, com foco na drenagem pluvial sustentável. Para isso são destacados os instrumentos disponíveis para orientar estratégias e políticas convergentes com a gestão sustentável, mudanças na legislação recente e recursos disponibilizados pela União para a drenagem pluvial. A premissa da qual partimos é a de que o Brasil já possui competência técnica, diretrizes e instrumentos capazes de orientar a transição da abordagem convencional para a sustentável.

Os procedimentos metodológicos incluem, além da análise bibliográfica e dos documentos oficiais, a análise descritiva de dados obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Águas Pluviais (SNIS-AP), da revisão do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) de 2019. Para abordar a estrutura de alocação de recursos e ilustrar as capacidades de

1. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>.

caminhar para a gestão integrada de políticas em temas correlatos no meio urbano, envolvendo água e saneamento, são utilizados dados do Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop) do governo federal. As variáveis analisadas no texto abordam as condições municipais apresentadas nos dados do SNIS-AP (planos instituídos, cobertura, pessoal ocupado, tipos de sistemas implementados, existência de foco em sistemas com sustentabilidade, formas e fontes de investimento e custeio), com os indicadores utilizados no Plansab.

O texto é composto por seis seções, além desta introdução. A seção seguinte traz uma breve revisão da trajetória da drenagem urbana no Brasil. A terceira seção apresenta um panorama quantitativo da drenagem nos municípios, a partir de informações coletadas no SNIS-AP. Na quarta seção são apresentados instrumentos e capacidades estratégicas com as quais o país já conta e que podem orientar a transição para um modelo de drenagem mais integrado e sustentável. A quinta seção aborda limitações institucionais à drenagem sustentável no país, sobretudo no que diz respeito às metas do Plansab. A sexta aborda os aspectos econômico-financeiros da drenagem, com foco no financiamento público e possibilidades de direcionamento para a sustentabilidade. Por fim, a seção sete traz as considerações finais e as propostas de ações de políticas públicas voltadas para o aperfeiçoamento dos sistemas de drenagem urbana nos municípios brasileiros.

2 TRAJETÓRIA DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL

A utilização de técnicas para lidar com as águas das chuvas nos agrupamentos humanos acompanha a história evolutiva da civilização. Webster (1962) e Maner (1966) citam a existência de sarjetas e drenos rudimentares, datadas de aproximadamente 3.000 a.C., em civilizações indianas e mesopotâmicas. Matos (2003) e Feo *et al.* (2014) mostram que, a partir da era moderna, com a evolução dos sistemas de saneamento (distribuição canalizada de água em domicílio e redes de esgotos, principalmente) é que a drenagem pluvial passa a ser vista como necessária para diminuir a poluição nos rios, proteger contra inundações e melhorar as condições sanitárias em prol da saúde das pessoas nas cidades.

De acordo com Hutton, Haller e Bartram (2007), Minh e Nguyen-Viet (2011) e Feo *et al.* (2014) as medidas sanitárias, sobretudo o abastecimento de água e a coleta de esgoto, geraram evidentes impactos positivos na saúde pública, aumentando a expectativa de vida. Em meados do século XX os países desenvolvidos, principalmente na Europa e, posteriormente, nos Estados Unidos, passaram a elaborar leis específicas para regular os sistemas de esgotamento sanitário e pluvial. Os projetos desenvolvidos nessa época, por exemplo em Portugal, França e Espanha, priorizavam o afastamento imediato das águas das cidades, com técnicas que potencializam a impermeabilização do solo e com sistemas condutores artificiais (Matos, 2003), modelo conhecido como higienista.

Silveira (1998) destaca que o conceito higienista do saneamento urbano se consolidou no Brasil nos anos seguintes à Proclamação da República, em 1889, decorrente das reformas urbanísticas em grandes cidades e diante da necessidade de sanear os núcleos urbanos que sofriam com epidemias e doenças com altas taxas de mortalidade. A essa época, em muitos países europeus, os efluentes sanitários e pluviais eram transportados de forma conjunta – sistema unitário. Porém, a partir da segunda metade do século XX se espalhou rapidamente o sistema separador absoluto (Feo *et al.*, 2014), sendo majoritariamente adotado no Brasil, reforçando a concepção higienista. Segundo Tucci (2012), a adoção dos modelos higienistas nos países em desenvolvimento seguiu dois cenários: i) algumas cidades construíram redes de esgoto, mas evitaram as redes de drenagem, resultando na redução da poluição doméstica e no aumento de inundações; e ii) cidades que construíram redes de drenagem sem a rede de esgoto doméstico, contaminando as fontes de água devido à poluição doméstica e industrial.

Não há uma delimitação precisa dos períodos históricos que marcam a evolução da drenagem urbana no Brasil. Algumas interpretações, como Silveira (1998) identificam três etapas: i) início da construção de infraestruturas de drenagem, período consolidado pelo emprego das técnicas higienistas – para minimizar impactos do crescimento acelerado das grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Recife e Belo Horizonte; ii) racionalismo e normatização dos cálculos hidrológicos para dimensionamento de obras hidráulicas; e iii) contato de especialistas com técnicas e tecnologias adotadas no exterior, sob influência da preocupação ambiental nas infraestruturas. Pode-se acrescentar que o momento atual soma os esforços de (ii) e (iii) e avança em diretrizes de integração de medidas ancoradas na sustentabilidade socioeconômica e ambiental nas diversas áreas da gestão urbana, como preconizam os ODS 6 e 11 da Agenda 2030 da ONU.

Tucci (2005), por sua vez, divide em quatro fases a trajetória e a concepção da drenagem pluvial: i) a primeira, pré-higienista, em que não havia o controle ou o tratamento dos efluentes, que eram, via de regra, lançados na rua; ii) a fase higienista, com a construção das canalizações que transportavam tanto os efluentes sanitários quanto os pluviais; iii) a fase corretiva, marcada pelo desenvolvimento do sistema separador absoluto, pelo tratamento dos esgotos e pelo amortecimento das águas pluviais; e iv) a quarta fase, tida como desenvolvimento sustentável, que vem incorporando a preocupação da conservação ambiental e qualidade de vida.

A trajetória histórica proposta por Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019) é diferente. Os autores também dividem em três etapas: a primeira engloba as duas primeiras fases apresentadas por Silveira (1998), referida como drenagem urbana tradicional, período em que predominou a coleta e o afastamento imediato das águas pluviais; a segunda, porém, é marcada pela evolução nos princípios fundamentais da gestão e de manejo das águas pluviais, incorporando o emprego de medidas não estruturais às obras e aos equipamentos, e integrando o solo e a vegetação aos

projetos de drenagem, fase que é semelhante à proposta por Tucci (2005) como sustentável; e a terceira, a partir de 2018, seria uma nova dimensão de interação sinérgica entre as cidades e a água, na qual a gestão e o manejo passam a ser centrados no desenvolvimento de Soluções baseadas na Natureza (SbN), conforme UN-Water (2018). O quadro 1 resume essas diferentes fases, seu período e suas principais características.

A história do componente evidencia que a simples preocupação hidráulica não é suficiente para lidar com os problemas do crescimento urbano e seus impactos. De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), a insistência em manter essa visão convencional, que apenas se ajusta aos aumentos dos volumes de escoamento, obriga o poder público a direcionar investimentos em soluções tradicionais, não sustentáveis. Os autores destacam que, como consequência, se reproduz uma falsa sensação de segurança, principalmente diante do cenário atual do aumento da frequência e magnitude dos eventos extremos de chuva.

QUADRO 1

Fases da trajetória da drenagem urbana e suas principais características no Brasil

Fases	Período	Características
Fase pré-higienista	Anterior ao século XX	<ul style="list-style-type: none"> Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas Efluentes sem coleta ou tratamento Epidemias e doenças com altas taxas de mortalidade
Fase higienista	A partir de 1889	<ul style="list-style-type: none"> Intensas reformas urbanísticas Crescimento demográfico de muitas cidades Aplicação direta de métodos de dimensionamento desenvolvidos para cidades europeias, sem validação local Estimativa "arbitrária" da chuva de projeto devido à inexistência de infraestrutura de registro de precipitações Transporte do esgoto junto com águas pluviais por canalizações Redução das doenças e da mortalidade Degradação de rios e mananciais
Racionalização e normatização	Entre 1930 ¹ e 1970	<ul style="list-style-type: none"> Pouca evolução na aquisição de dados básicos e na realização de novos estudos hidrológicos de abrangência nacional Desenvolvimento de instrumentos de cálculo de obras hidráulicas Importantes publicações nacionais com conhecimento local de parâmetros de projeto, principalmente sobre chuvas intensas Uniformização das práticas de cálculo hidrológico na drenagem
Fase corretiva	Entre 1970 e 1990	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidade maior de informações e dados em computadores Tendência mundial de simular o ciclo hidrológico, principalmente a transformação chuva-vazão e algoritmos matemáticos Sistema separador absoluto Tratamento dos esgotos sanitários Amortecimento dos escoamentos pluviais Melhoria da qualidade das águas dos rios Construção de obras de grande porte e impacto

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

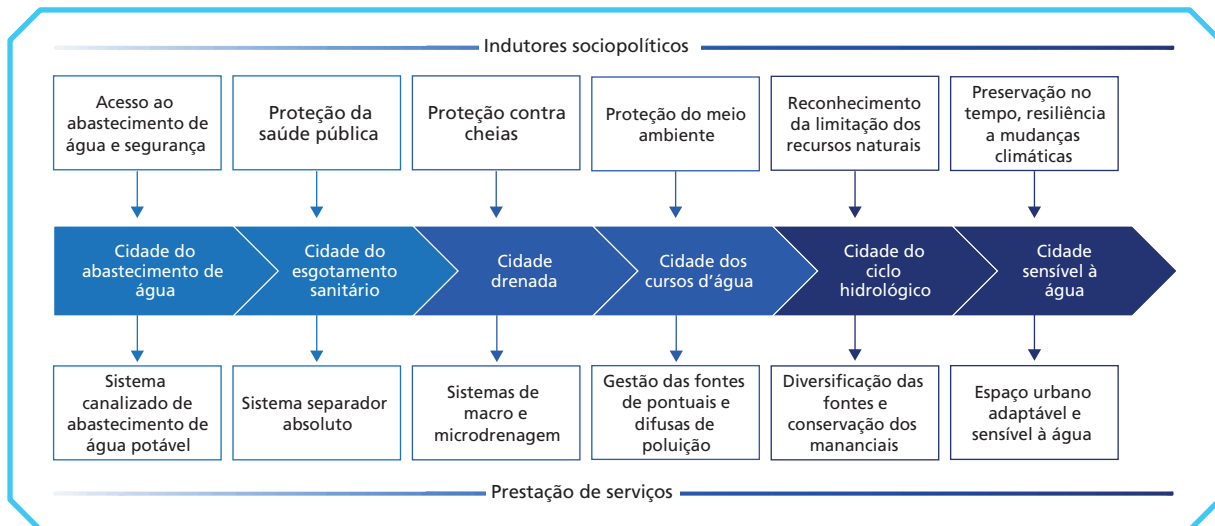
Fases	Período	Características
Desenvolvimento sustentável	Após 1990	<ul style="list-style-type: none"> • Controle na fonte, incentivo à infiltração e à retenção das águas pluviais • Tratamento do esgoto pluvial • Menor interferência ao ciclo hidrológico • Proposição de modelos que integram gestão das águas urbanas, abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem urbana • Conservação ambiental • Melhoria da qualidade de vida • Controle das inundações
Soluções baseadas na natureza	A partir de 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Consciência ampliada no conhecer e no cuidar das águas • Atuação centrada em diálogos e atenção aos ecossistemas hídricos • Gestão das águas em sintonia com a natureza, por exemplo: SbN • Combinação do conhecimento e de práticas convencionais da engenharia com as teses de desenvolvimento sustentável e preocupações com as mudanças climáticas

Fonte: Silveira (1998), Tucci (2005), Miguez, Veról e Rezende (2016), Pinheiro e Santos (2019) e Christofidis, Assumpção e Kligerman (2020).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ A definição do início deste período é incerta. As informações de Silveira (1998) foram tomadas como referência.

Em termos de visão e planejamento interdisciplinar da gestão urbana e da água, o Brasil tem grandes laços acadêmicos e exemplos concretos ou em andamento. Um dos exemplos interpretativos é apresentado por Brown, Keath e Wong (2009), tendo por base cidades australianas. Os autores tratam de uma síntese de seis cidades que representam a transição ocorrida ao longo dos anos na relação água-cidade, conforme ilustra a figura 1. Como se pode notar, entre os indutores sociopolíticos e a prestação de serviços, e os componentes isolados para a gestão integrada do saneamento, a relação água-cidades evolui para a resiliência baseada no ciclo hidrológico (e pode-se acrescentar, bacias hidrográficas) em interações ambientais como norte de infraestrutura sustentável. O respeito a esse ciclo, desde o planejamento urbano às edificações privadas, é essencial.

FIGURA 1**Evolução das cidades no tocante à gestão das águas urbanas**

Fonte: Brown, Keath e Wong (2009).

Elaboração dos autores.

As três primeiras cidades propostas por Brown, Keath e Wong (2009) são provedoras de serviços básicos de infraestrutura de águas urbanas (abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e drenagem pluvial), em sua maioria em sistemas canalizados, a fim de atender às demandas emergenciais das quais careceriam as cidades devido ao seu crescimento no início do século XX. As demais cidades, no entanto, não são provedoras de serviços pontuais, mas gestoras das águas urbanas em uma perspectiva integradora e holística. Nesse sentido, a drenagem das cidades deveria evoluir de conceitos e sistemas puramente pontuais, focados no combate local ao aumento das vazões de pós-urbanização, para ações sistêmicas e integradas de manejo de águas e valorização da paisagem como indicam Miguez, Veról e Rezende (2016).

Feo *et al.* (2014) abordam o desenvolvimento histórico dos sistemas de esgotamento (sanitário e pluvial) no mundo e avaliam as tendências e perspectivas emergentes. Segundo os autores, tendo em vista o cenário global de consumo sustentável e a redução da emissão de poluentes, o futuro da coleta e do transporte de efluentes será regido pelos seguintes fatores: crescimento populacional; urbanização; mudanças climáticas; ativos de infraestrutura em envelhecimento; e relação entre o esgotamento das cidades e a energia utilizada pelos prestadores de serviço. Portanto, esses são condicionantes mais amplos e complexos do que se pratica na concepção tradicional e exigem das cidades uma gestão sustentável e resiliente, que integre os seus diversos sistemas de infraestrutura.

De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), as infraestruturas desenvolvidas sobre esse ideal integrado passariam a ser sustentáveis, resilientes e multifuncionais, deixando de exercer apenas as suas funções de transporte, retenção e/ou detenção e proteção contra inundações. Passam também a atender a uma gama de outros serviços ambientais como lazer e recreação, controle climático, qualidade dos solos, água e ar, e proteção e manutenção de ecossistemas. Além disso, apesar de serem mais sofisticados e exigirem maior qualificação profissional e interdisciplinar, os projetos de drenagem urbana desenvolvidos sob o ideal sustentável costumam ter custo final inferior ao das medidas convencionais, quando avaliadas as manutenções ao longo da vida útil dos dispositivos, por questões técnicas e de gestão (Tucci, 2005; Mendes e Santos, 2021).

Ao finalizar esta seção, cabe registrar que, embora a classificação histórica seja importante, Miguez, Veról e Rezende (2016) destacam que as fases evolutivas da drenagem urbana não foram estanques. Em função de especificidades locais elas podem ter acontecido simultaneamente ou até mesmo ter variado em uma mesma cidade, conforme projetos distintos de setores ou bairros. Além disso, independentemente de qual seja a trajetória mais coerente com a realidade brasileira, um dos paradigmas atuais da gestão das águas pluviais no Brasil é a mudança na filosofia construtiva de sistemas exclusivamente tradicionais de drenagem para modelos mais resilientes e sensíveis à água. Dessa forma, eles são mais coerentes com as políticas de desenvolvimento sustentável nas cidades e em todo o país.

Conforme Silveira (1998), no fim da década de 1990 o Brasil acompanhou a evolução de outros países durante a fase higienista, contudo não conseguiu avançar satisfatoriamente para as fases seguintes. Mais de uma década depois, Tucci (2012) apontou que grande parte das cidades brasileiras ainda permanecia na fase higienista e que um número reduzido de cidades, como Porto Alegre, Brasília, Campo Grande e São Paulo, transitava para a sustentável.

Na atualidade, com a ocorrência de fortes chuvas em grandes cidades como Rio de Janeiro e Belo Horizonte e em bacias hidrográficas com pequenas e médias cidades (em Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Santa Catarina) registraram-se mortes, além de danos. De acordo com a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), as chuvas que ocorreram na Bahia entre dezembro de 2021 e o início de 2022 ultrapassaram R\$ 1,6 bilhão em prejuízos e deixaram pelo menos 26 vítimas fatais (Prejuízo, 2022). Em todos esses casos fica claro que a drenagem urbana não pode ser vista de forma isolada do planejamento urbano sustentável, com moradias dignas, em locais adequados geologicamente e com afastamento das margens dos corpos hídricos.

3 DRENAGEM URBANA NO BRASIL: ASPECTOS QUANTITATIVOS

A principal e mais completa base de dados sobre saneamento básico no Brasil, o SNIS, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), apresenta, desde 2015 com a criação do módulo de águas pluviais (SNIS-AP), dados sobre os serviços públicos de drenagem e gestão de águas pluviais urbanas por municípios. Além das variáveis e informações gerais, financeiras e de infraestruturas, o diagnóstico do componente relata a existência ou não de soluções de drenagem natural, a exemplo de faixas ou valas de infiltração e compensatórias, reservatórios e parques lineares nas cidades. O número de informações solicitadas às prefeituras e aos prestadores de serviços de saneamento básico sobre as soluções de drenagem pluvial ainda é pequeno, porém importante para o planejamento e a gestão. Os dados declarados subsidiam a elaboração do *Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas*, atualmente na quarta edição (2019), trazendo um panorama do setor, sendo referência para os estudos de desempenho da prestação de serviços e para o acompanhamento da evolução do componente (Brasil, 2020c).

Considerando-se os dados do SNIS, e mais especificamente do SNIS-AP (Brasil, 2020c), esta seção apresenta um breve panorama da drenagem pluvial urbana no Brasil, fornecendo um quadro geral sob o qual as discussões seguintes serão desenvolvidas. Para tanto, busca-se responder a quatro pontos sobre a conjuntura atual dos serviços: i) quem são os prestadores dos serviços de drenagem pluvial urbana; ii) quais instrumentos trazem a sustentabilidade financeira aos serviços; iii) qual o tipo de sistema de drenagem predominante no país; e iv) em que medida as soluções naturais e/ou compensatórias se fazem presentes.

Em sua quarta edição, de 2019, o SNIS-AP contou com respostas de 3.653 municípios (65,6% do total de municípios brasileiros), representando 83,0% da população urbana do país. Prestaram informações dentro do prazo 25 capitais de estado mais o Distrito Federal, a única exceção foi Porto Velho. A região Sul, como nas edições anteriores, teve o maior número de municípios participantes, com cerca de 83,5%. Em contrapartida, a região Norte persistiu como aquela com a menor participação municipal, com 46,0% (Brasil, 2020c).

3.1 Características dos prestadores de serviços no Brasil

No Brasil, o domínio e a responsabilidade dos serviços de saneamento são municipais (Lei nº 11.445/2007), sendo a prestação do serviço de drenagem urbana predominantemente feita pelas prefeituras, diretamente ou por concessão. Por ser o município, em regra, o mais limitado em termos de arrecadação financeira, em relação aos demais entes da administração pública, há

TEXTO para DISCUSSÃO

uma série de iniciativas dos governos federal e estaduais em seu socorro. De acordo com os dados de Brasil (2020c), em 98,8% dos municípios respondentes ao SNIS-AP, a gestão dos serviços é de responsabilidade da administração pública direta, sobretudo de secretarias de obras (e suas ramificações), que são 50,5% desse grupo. Em 1,0% dos municípios, a prestação é de responsabilidade de alguma autarquia, que é responsável também, em geral, pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário; e 0,2% é de responsabilidade de empresas públicas.

Como se sabe, a execução de obras de drenagem urbana – a exemplo da implantação e expansão de redes – normalmente é de competência das secretarias municipais de obras e infraestrutura, enquanto os serviços de fiscalização e manutenção são dispersos entre outros órgãos e departamentos municipais que atendem a outras demandas, como limpeza urbana e ordenamento territorial. Segundo o diagnóstico temático do SNIS-AP (Brasil, 2020c), são raros os casos em que os serviços são regulados por agências reguladoras.

No que diz respeito à gestão dos serviços e de drenagem, a capacidade técnica e operacional é considerada um gargalo nos municípios, principalmente nos mais pobres. No levantamento do SNIS-AP, 1.468 (40,2%) municípios declararam não possuir pessoal alocado para os serviços de drenagem urbana, e outros 30,0% declararam possuir entre uma e cinco pessoas, incluindo os prestadores de serviços, conforme sintetiza a tabela 1. A limitação com pessoal afeta, principalmente, os municípios menores. Dos 1.468 municípios que declararam não possuir pessoal alocado, 1.173 (47,6%) possuem menos de 20 mil habitantes. Do grupo que declarou possuir entre uma e cinco pessoas alocadas, 1.096 municípios, 879 (35,7%) têm população inferior a 20 mil habitantes.

TABELA 1

Pessoal alocado no setor de drenagem urbana

Pessoal alocado	Total de municípios	%	Municípios com até 20 mil habitantes	%	Municípios com até 50 mil habitantes	%
Não possui	1.468	40,2	1.173	47,6	1.399	44,5
Entre 1 e 5	1.096	30,0	879	35,7	1.043	33,2
Entre 5 e 10	471	12,9	257	10,4	389	12,4
Entre 10 e 15	199	5,4	65	2,6	139	4,4
Entre 15 e 20	126	3,4	50	2,0	83	2,6
Entre 20 e 25	57	1,6	10	0,4	25	0,8
Entre 25 e 30	50	1,4	11	0,4	25	0,8
Mais de 30	186	5,1	19	0,8	41	1,3
Total	3.653	100,0	2.464	100,0	3.144	100,0

Fonte: SNIS-AP, 2019.

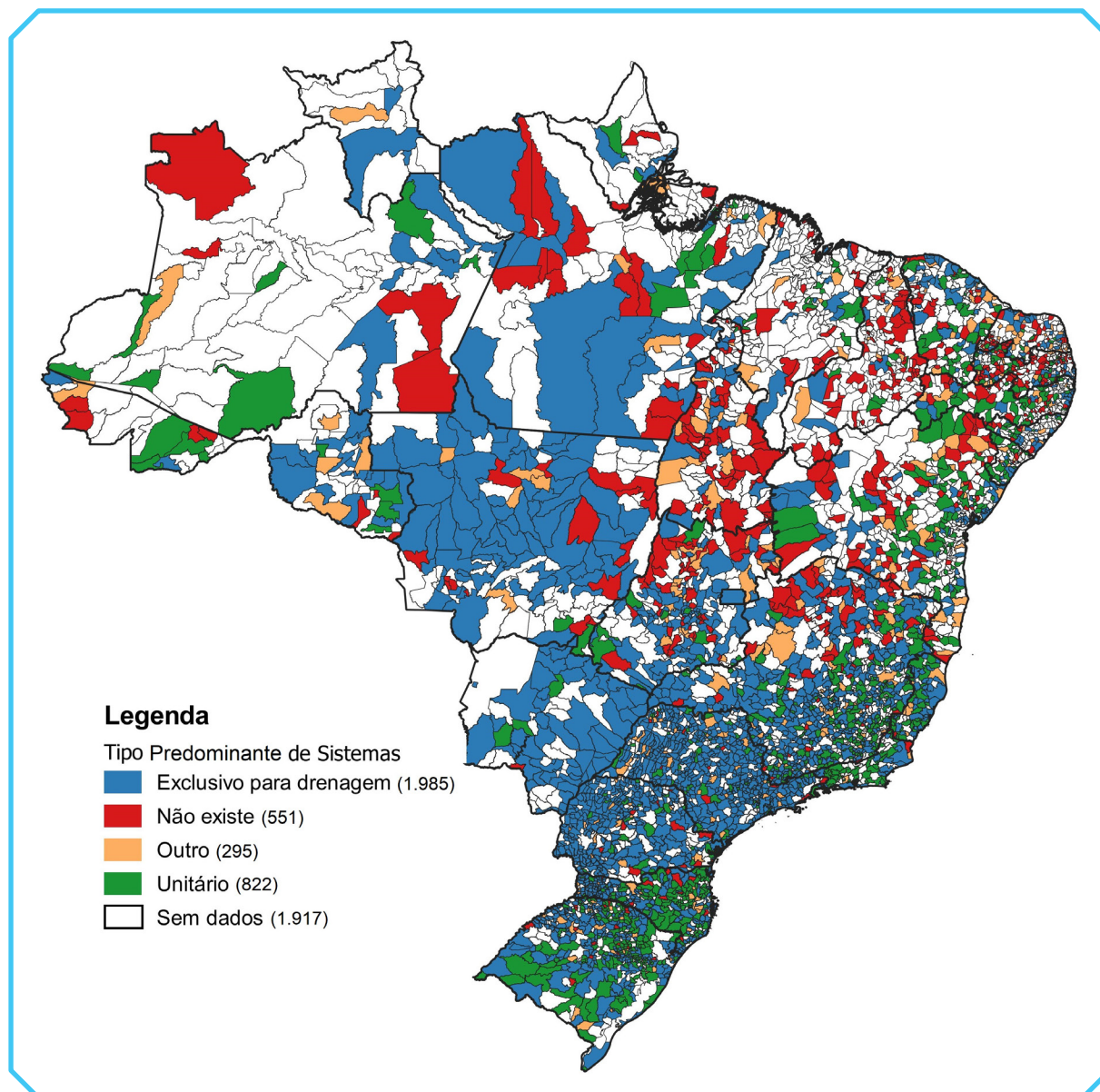
Elaboração dos autores.

Quanto aos instrumentos de gestão e planejamento, um dos fundamentos que norteia a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é o estabelecimento da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão. Todavia, apesar da reconhecida importância desse enfoque, e de incentivos que recentemente passam a promover a integração entre as políticas de saneamento e recursos hídricos, apenas 1.384 municípios (37,9%) da amostra participam de um comitê de bacia ou de sub-bacia hidrográfica. Em 2.938 municípios (80,4%) não existe plano diretor específico para a drenagem urbana e o manejo das águas pluviais e apenas 662 (34,7%) possuem cadastro técnico do sistema de drenagem, ou seja, pelo menos 2.991 municípios do país operam e mantêm os sistemas sem ao menos possuir o cadastro técnico de redes existentes. Apenas 29,0% dos municípios com menos de 20 mil habitantes possuem esse cadastro (Brasil, 2020c).

Quanto à gestão de risco provocado pelas águas pluviais, dados do diagnóstico temático do SNIS-AP (Brasil, 2020c) apontam que, em 2019, 2.414 municípios (66,1%) declararam não possuir o mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos. Além disso, 986 (27,0%) informaram que não realizam nenhum tipo de intervenção ou manutenção em seus sistemas de drenagem. Portanto, a ausência de pessoal capacitado, instrumentos e ações de planejamento e gestão configuram um cenário de fragilidade em grande parte dos municípios e serviços no Brasil.

3.2 Outras características dos sistemas

O Brasil possui os dois principais sistemas sanitários de transportes de efluentes, o sistema separador absoluto e o unitário. Silveira (1998) sugere que o primeiro predomina como resultado de opção econômica – as tubulações exclusivas para esgoto doméstico tinham custo menor do que uma tubulação de sistema unitário. Essa situação se referia a não fazer tratamento dos esgotos, o que hoje não é mais possível em grande escala, devido à existência de barreiras na legislação e à falta de sustentabilidade. O SNIS-AP de 2019 confirma que o sistema separador predomina no país, estando presente em 1.985 municípios (54,3%). Em 822 (22,5%) os sistemas são unitários e 551 municípios (15,1%) declararam não possuir sistema de drenagem, conforme ilustra a figura 2.

FIGURA 2**Tipos predominantes de sistemas de drenagem urbana por municípios**

Fonte: SNIS-AP, 2019.

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Apesar de o sistema separador absoluto predominar no Brasil, é necessário destacar que a baixa cobertura de redes de esgotamento sanitário e o devido tratamento desses efluentes condiciona os sistemas conceitualmente separadores a receberem o esgoto sanitário não coletado das cidades. O atendimento de redes coletoras do país é de 54,1%; no entanto, nas regiões Norte

e Nordeste, esse percentual é inferior a 30,0% (12,3% no Norte e 28,3% no Nordeste) (Brasil, 2020c). O índice de tratamento é ainda mais preocupante: apenas 49,1% do esgoto coletado no país é tratado (Brasil, 2020c). Para onde vão os efluentes não coletados e não tratados? Inevitavelmente para os corpos hídricos, direta ou indiretamente pelos sistemas de drenagem urbana.

Como se observa na figura 2, há grande distinção entre as diferentes macrorregiões do país, a começar pela evidente escassez de dados no Norte e Nordeste. É nessas duas macrorregiões também que se encontra a maior parte dos municípios que declararam não possuir sistemas de drenagem ao SNIS-AP de 2019. Como destaca Mendes *et al.* (2021), as características geodemográficas dos municípios nortistas, a grande extensão territorial e a baixa densidade demográfica, aliadas às dificuldades de acesso e à dispersão dos núcleos urbanos, cooperam para a diferenciação da região em relação às regiões mais desenvolvidas do país e seus históricos de índices precários de saneamento. Essa ausência de dados possivelmente é reflexo da baixa capacidade operacional e institucional dos municípios, como identificado em Brasil (2019) e Kuwajima *et al.* (2020).

Nos estados do Centro-Oeste, de São Paulo e do Paraná predomina o sistema separador absoluto, exclusivo para drenagem, enquanto nos demais estados do Sudeste e do Sul há presença significativa de sistemas unitários. Entretanto, a realidade nas cidades é mais complexa, marcada, em geral, pela existência de ambos os sistemas, em bairros distintos, sobretudo nas cidades mais antigas onde as primeiras infraestruturas sanitárias eram unitárias e a substituição esbarra em questões urbanísticas, operacionais e financeiras.

Volschan *et al.* (2009) mencionam que a implantação do sistema unitário no Rio de Janeiro ocorreu em 1857, em Recife em 1873 e em São Paulo em 1883; porém, tendo em vista a incapacidade desses sistemas em lidar com os elevados índices pluviométricos do Brasil, eles foram substituídos por modelos separadores parciais.

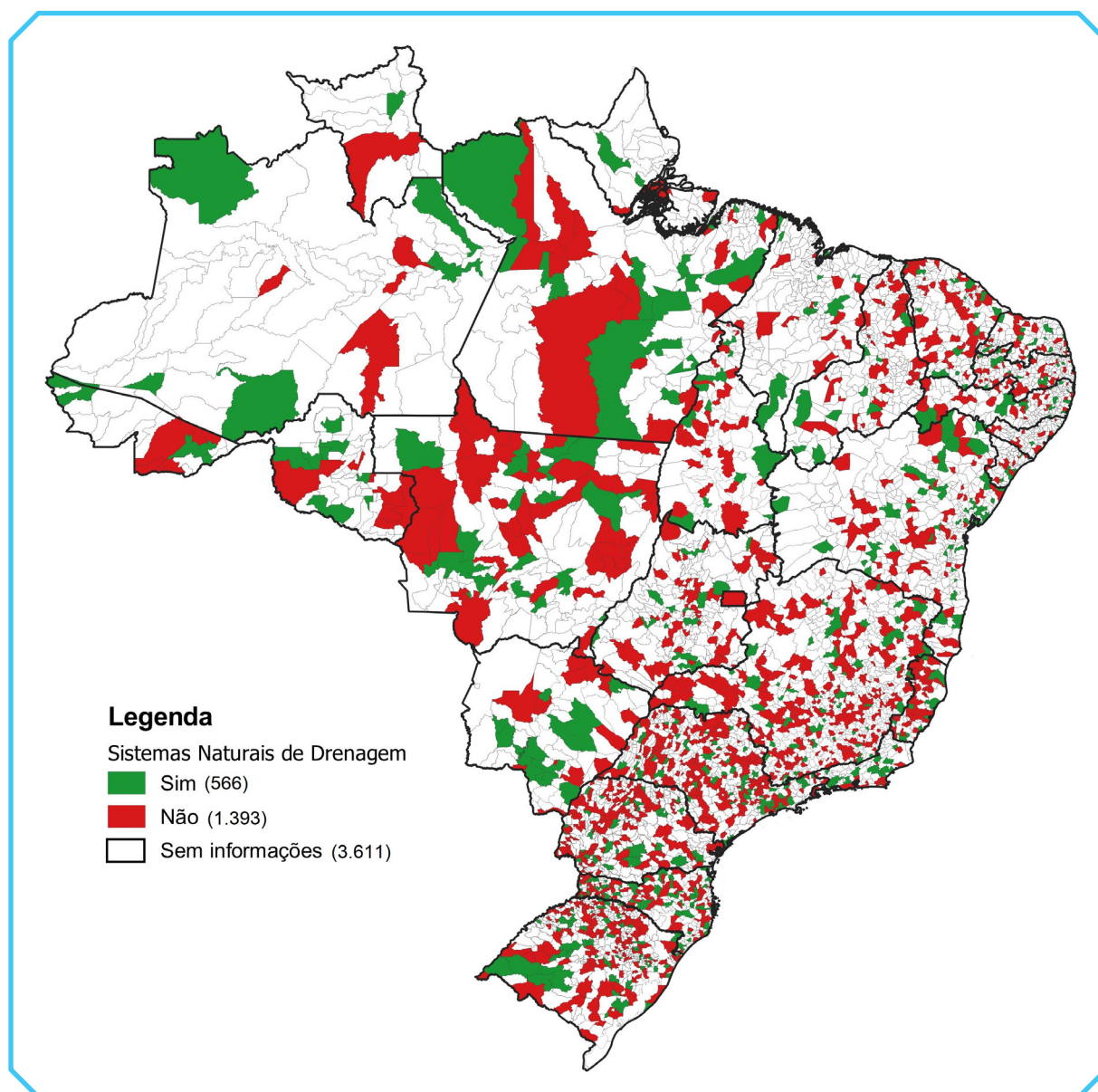
Nas áreas urbanas, cerca de 15,1% de vias públicas do país contam com redes ou canais pluviais subterrâneos e um percentual de 62,8% com dispositivos que conduzem o escoamento superficialmente, como sarjetas e meio-fio. Os sistemas de drenagem urbana da maioria dos municípios, independentemente da natureza (separadores ou unitários), são tradicionais, ou seja, constituídos de estruturas de mero afastamento das águas, como galerias subterrâneas, canais e dispositivos de condução superficial.

De acordo com os registros do SNIS-AP, apenas uma pequena parcela dos municípios adota algum tipo de solução sustentável de drenagem, seja de infiltração e/ou armazenamento temporário, como valas ou faixas de infiltração, parques lineares e reservatórios de amortecimento. Os dados do SNIS-AP de 2019 apontam que, dos 3.653 municípios da amostra, somente

855 (23,4%) possuem essas soluções (Brasil, 2020c). As infraestruturas de drenagem natural (infiltração natural por faixas ou valas) são as medidas mais adotadas, estando presente em vias públicas urbanas de 566 municípios, conforme ilustra a figura 3.

FIGURA 3

Municípios com algum sistema natural de drenagem



Fonte: SNIS-AP, 2019.

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Entretanto, esses dispositivos podem não ser necessariamente ou significativamente adequados do ponto de vista da sustentabilidade, a menos que passem por comprovação técnica. Portanto, é necessário que o nível de informações seja aprimorado, com detalhes adicionais, tendo em vista projetos e programas de apoio futuros. Apenas 280 municípios declararam possuir parques lineares e 174 cadastraram dispositivos de retenção e/ou detenção, como reservatórios, bacias, lagos, piscinões ou tanques artificiais (Brasil, 2020c).

A tabela 2 apresenta o número de municípios com alguma solução de drenagem natural em função do tipo de sistema existente. O maior número de municípios que possuem valas ou trincheiras de infiltração faz parte do grupo que adota sistemas exclusivos para drenagem (302 municípios), entretanto, em termos percentuais, ou seja, número de municípios que adotam essas soluções em função da amostra de cada tipo de sistema, destaca-se o grupo de municípios que declarou possuir outros tipos de sistemas de drenagem urbana (61 municípios, que representam 20,7% da amostra). O SNIS-AP não deixa claro quais sistemas se enquadram nessa categoria.

TABELA 2

Número de municípios com algum sistema de drenagem natural por tipo de sistema existente

Tipo de sistema	Número de municípios	Com soluções de drenagem natural	Municípios que adotam soluções naturais (%)
Exclusivo para drenagem	1.985	302	15,2
Não existe	551	57	10,3
Outro	295	61	20,7
Unitário	822	146	17,8
Total	3.653	566	-

Fonte: SNIS-AP, 2019.

Elaboração dos autores.

4 INSTRUMENTOS, LACUNAS E CAPACIDADES ESTRATÉGICAS

A partir da Política Nacional do Saneamento Básico (PNSB) (Lei nº 11.445/2007) e da atualização proporcionada pela Lei nº 14.026/2020, pode-se considerar que o Brasil conta com instrumentos capazes de orientar as ações do setor (Santos, Kuwajima e Santana, 2020). As normas, além das diretrizes técnicas e dos indicativos de formas de regulação, investimentos e planejamento, trazem orientação para a gestão preventiva de desastres, controle da poluição das águas e do solo e para a promoção de soluções integradas de infraestruturas urbanas baseadas na dinâmica e nos fluxos da natureza.

Entretanto, a evolução da aplicação dos instrumentos, inclusive de produção e difusão de dados confiáveis (de cadastro, condições operacionais, investimentos etc.), a viabilização do orçamento para expansão de sistemas e o seu custeio operacional, continuam sendo os desafios centrais, principalmente no componente manejo de águas pluviais e drenagem urbana. Nesta seção são destacados os instrumentos, as estruturas, os desafios e as capacidades que o Brasil possui neste contexto.

4.1 Disponibilidade de dados e capacidade técnica: sinais de avanços

Tecnologias e abordagens para gerenciar as águas urbanas, em especial as águas pluviais, de forma eficaz, integrada e sustentável, já existem (Porse, 2013; Brasil, 2019), inclusive a custos viáveis, como ilustrado em Mendes e Santos (2021). Entretanto, realizar a transição dos modelos convencionais para os sustentáveis e promover cooperação entre os diversos atores do setor é um desafio contínuo enfrentado por diversas cidades mundo afora (Brown e Farrelly, 2009; Miguez, Veról e Rezende, 2016).

Segundo Brown e Farrelly (2009), em muitos casos as maiores barreiras para a consolidação de uma filosofia sustentável de gestão das águas urbanas são de natureza institucional, não técnica. Adventos como a degradação ambiental, novos parâmetros de produção e consumo e gestão da água para multiusos são importantes para mudar tais barreiras, inclusive conforme se observa nas leis nacionais sobre o tema. Por um lado, as alterações climáticas representam uma preocupação adicional para se valorizar a drenagem, frente ao aumento em intensidade e frequência de eventos pluviométricos extremos; por outro lado, elas podem significar uma oportunidade para tornar as cidades mais resilientes para enfrentar, por exemplo, episódios de escassez de água, aproveitando águas pluviais para fins não potáveis (Ferreira, 2020), da mesma forma que se planeja e há experiências no caso de efluentes domésticos tratados.

No passado, a ausência de infraestruturas de medição e, por consequência, de dados, principalmente pluviométricos, condicionava o país a dimensionar seus sistemas e desenvolver suas políticas sanitárias sob parâmetros internacionais, em sua maioria europeus. Silveira (1998) menciona que, devido à quase inexistência de pluviógrafos no país, era comum que a chuva de projeto, parâmetro de suma importância no dimensionamento hidráulico de redes de drenagem, fosse um valor arbitrário ou importado da Europa, como no caso de Campinas, cujas obras de drenagem pluvial levavam em consideração as chuvas de projeto de fraca intensidade, característica de capitais da Europa, principalmente de Paris.

Atualmente, o Brasil apresenta um significativo desenvolvimento em sua capacidade e estrutura de medição, coleta, sistematização e disponibilização de dados, embora com lacunas em milhares de municípios. Os dois mais importantes sistemas centrais de informações sobre saneamento e recursos hídricos são o SNIS e o Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH). A Lei nº 14.026/2020 trouxe diretrizes para maior integração desses sistemas, bem como de outros, como os de reservatórios e retiradas para fins econômicos.

O SNIS apresenta grande volume de informações coletadas. Quanto ao monitoramento dos recursos hídricos, o antigo Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE) iniciou a estruturação da rede hidrometeorológica do Brasil, inclusive em termos metodológicos. Entre 1960 e 1980 ocorreu o pico de desenvolvimento da rede fluviométrica brasileira, chegando a atingir quase 85% do que atualmente a compõe (Silva, 2021).

Atualmente, são cerca de 22.779 estações de monitoramento espalhadas pelas doze regiões hidrográficas do país, cobrindo o território nacional (Silva, 2021). Entretanto, com o aumento e a diversificação da demanda e dos conflitos pela água no país, é necessária a evolução, principalmente no monitoramento qualitativo dos rios frente ao aumento da poluição industrial, da mineração e da agricultura e dos critérios de outorga com vistas à universalização do acesso.

Entre as fontes produtoras e gestoras de dados estão: companhias de saneamento e de água mineral; setor de mineração (incluindo o Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – SGB/CPRM); instituições vinculadas ao Ministério de Minas e Energia (MME) e ao setor elétrico (hidrelétricas; Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e outras agências); Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (Cemaden/MCTI); e áreas do setor agrícola (por exemplo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa) sobre dados e demandas de irrigação. Os sistemas de previsão de chuvas e de riscos têm também apresentado avanços, contudo, continuam sem condições de evitar as tragédias que se presenciaram anualmente no país, em razão da não priorização do ordenamento territorial urbano do manejo sustentável e de moradia digna para toda a população.

A evolução do monitoramento e da disponibilidade de dados cria também um ambiente propício a estudos científicos no setor, sendo o passo seguinte à integração desses dados, como previsto na legislação, e a sua disponibilização a toda a sociedade, em tempo curto, na íntegra e com diferentes níveis de desagregação. Santos e Enokibara (2021) mostram que o número de publicações brasileiras sobre o tema mantém franco crescimento a partir de 2007. Entre 2009 e 2018 foram publicados 1.119 trabalhos com o termo infraestrutura verde no país, aumentando também as publicações nacionais sobre sistemas sustentáveis de gestão de águas.

Shao *et al.* (2021) consideram que o Brasil acompanha a tendência mundial de interesse pelo tema da gestão com foco sustentável de recursos hídricos,² com artigos teóricos e conceituais, manuais, projetos, estudos de modelagens e estudos de caso que compartilham experiências nacionais e internacionais com potencial para auxiliar as estratégias de gestão sustentável da água. Wu *et al.* (2019) indicam liderança dos Estados Unidos, da Austrália e da China nas pesquisas sobre a gestão das águas pluviais.

4.2 Política e instrumentos de gestão da drenagem pluvial no Brasil: bases para a sustentabilidade?

O debate acadêmico referente ao componente drenagem de águas pluviais data de décadas no Brasil, trazendo diretrizes para políticas com foco no planejamento integrado de ações e na gestão sustentável (Tucci, 2002; 2012; Souza, Cruz e Tucci, 2012; Righetto *et al.*, 2012; Christofidis, Assumpção e Kligerman, 2019). Temas como os instrumentos de planejamento e gestão foram debatidos nos anos 1990 e 2000, pelos mencionados autores, dando suporte à Lei nº 11.445/2007.

Em linhas gerais, a integração de políticas, diretrizes de sustentabilidade, necessidade de apoio da União e coordenação de políticas com foco no longo prazo foram objeto de pesquisas e proposições antes do marco de 2007 (Tucci, 2002; 2012). Destaca-se a iniciativa do governo federal com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab), efetivado em parceria interministerial e execução do então Ministério de Ciência e Tecnologia, atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (Righetto *et al.*, 2012). Entre as diretrizes trazidas pelo debate que foram incorporadas na legislação estão: a instituição do Plansab, que define a atuação da União no setor; a estruturação de um sistema de informações (SNIS e, em seguida, Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – Sinisa); a elaboração de planos municipais de saneamento básico (PMSBs); a definição da titularidade dos municípios; e os planos ou as políticas para cada um dos componentes do saneamento básico.

2. Shao *et al.* (2021), com metodologia própria, encontraram em média quatro artigos focados em infraestruturas verdes por ano, entre 1991 e 1999, sendo que até 2007 nunca houve um ano com mais de 22 publicações. Em 2014, foram publicados 230 artigos, ano em que se inicia um período de acelerado crescimento nas publicações, evidenciando interesse na temática, e, em 2020, foram identificadas 1.100 publicações e cerca de 25 mil citações. Entre 1980 e 2019, os Estados Unidos, a Austrália e a China lideram as publicações sobre gestão de águas pluviais no mundo, segundo Wu *et al.* (2019), somando 67,4% de todos os trabalhos.

O maior destaque quanto a este último item teve avanços práticos no tocante à água e aos esgotos e institucional no caso do tema resíduos, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei nº 12.305/2010). Por sua vez, há grande atraso quanto à configuração de planos e políticas para o tema águas pluviais, ressalvadas as leis municipais nesse sentido e as diretrizes gerais da PNSB e do Plansab; algo como uma política ou o Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (PDMAPU) não avançou no país, apesar de haver diagnósticos e proposições suficientes nesse sentido, conforme Tucci (2012), Souza, Cruz e Tucci (2012), Righetto *et al.* (2012), Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019) e Brasil (2019).

Como consequência das lacunas estruturantes, a evolução do componente águas pluviais, em termos de organização orçamentária e de resultados dos serviços, continua lenta diante da sua importância. O histórico foco da maior destinação de investimentos para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário explica parte dessa realidade, demandas legítimas da sociedade. A outra parte, por certo, se deve à falta de priorização do tema por parte do núcleo político dirigente em todos os níveis. A necessidade de coordenar as ações locais (usos do solo, obras de drenagem, contenção de riscos de desastres, provimento de água, políticas habitacional e de saneamento) com ações no plano federal (diretrizes gerais, suporte financeiro, apoio a projetos, integração de políticas nacionais) tem sido também um desafio de grande peso, diante das fragilidades econômicas e estruturais de grande parte dos municípios, como destacam Kuwajima *et al.* (2020) e dados da Firjan (2018).

Importante destacar que, embora sem novidade quanto a modificar prioridades de forma consistente e a trazer medidas de apoio à integração com a gestão urbana e a política habitacional, seguem avanços nas diretrizes da PNSB (Lei nº 11.445/2007). Por exemplo, a Lei nº 14.026/2020 (costumeiramente denominada de Novo Marco Legal do Saneamento) procura direcionar esforços para a prestação regionalizada dos serviços, incluindo os quatro componentes do saneamento básico, como forma de ganhar escala e maior sustentação financeira por meio da tarifa. Entretanto, o foco que prevaleceu foi o direcionamento para a divisão do mercado de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário (concessões e privatizações).³ O objetivo anunciado nas iniciativas do governo federal e do parlamento com as mudanças no marco legal ocorridas entre 2018 e 2021 foi o de atrair recursos privados, diante das dificuldades orçamentárias prolongadas pela crise fiscal.

3. No debate envolvendo a elaboração da Lei nº 14.026/2020 e os decretos subsequentes ficou evidente o foco das empresas nas garantias para os negócios, sendo claro o seu interesse nas cidades, bairros e sistemas com boas condições de retorno financeiro aos investimentos (Santos, Kuwajima e Santana, 2020; Aguiar e Heller, 2021). Dessa forma, as diretivas para a universalização dos serviços continuam dependentes de ações locais, principalmente para as populações vulneráveis.

Dessa forma, a atenção dos investidores (que apoiaram as mudanças no marco legal, cabe registrar) tem se voltado para sistemas já consolidados de água e esgotamento sanitário, em cidades de renda média consistente com a remuneração dos investimentos. Essa perspectiva inclui novos aportes para recomposição de ativos ou novos sistemas, remunerados via tarifa (Santos, Kuwajima e Santana, 2020), novamente focado em abastecimento de água e esgotamento sanitário. Quanto ao componente águas pluviais, sendo maiores as incertezas institucionais e de fontes de recursos, persistem dúvidas sobre o futuro.

Sobre esse componente, Colombelli (2018) destaca que o paradigma consolidado da gestão das águas pluviais no Brasil é, provavelmente, o seu maior desafio: a prestação direta do serviço de drenagem sem que haja planejamento consistente, integração e supervisão por parte do órgão responsável pela prestação. Desta maneira, a aplicação de proposições corretivas generalistas, desconsiderando as assimetrias entre os quatro componentes, somadas a ações isoladas e ancoradas em obras, têm se mostrado incapazes de corrigir lacunas históricas. Assim, o abastecimento de água e, mais recentemente, o esgotamento sanitário, têm evoluído mais rapidamente, apesar de desigualdades (Brasil, 2019; Kuwajima *et al.*, 2020), o que a literatura considera desproporcional às alocações que, além disso, priorizam as grandes cidades e as regiões mais desenvolvidas (Silveira, 1998; Colombelli, 2018; Grangeiro, Ribeiro e Miranda, 2020).

Quanto à possibilidade de promover ações integradas intersetorialmente, embora seja mencionada a sustentabilidade econômica tanto na Lei nº 11.445/2007 quanto na Lei nº 14.026/2020, não se avançou no direcionamento e apoio aos sistemas sustentáveis integradores – a exemplo das SbN. A mesma colocação se pode afirmar da perda de oportunidade de maior apoio aos usos múltiplos da água nas bacias hidrográficas e à governança participativa no saneamento básico e política urbana, principalmente no componente drenagem de águas pluviais.

Mesmo tendo sido decretada em um período marcado por intensa mobilização internacional para a implantação de sistemas sustentáveis – Acordo de Paris e Agenda 2030, por exemplo –, a Lei nº 14.026/2020 se abstém de direcionar o setor rumo à sustentabilidade, plenamente, como sugerem Aguiar e Heller (2021). Estes autores lembram que o Brasil assumiu o compromisso do direito humano à água e ao saneamento em 2010, porém a atualização do marco regulatório não consignou em lei esse compromisso e, pelo contrário, manteve-se inteiramente ausente em relação ao tema. Colombelli (2018) acredita que, mesmo com a abertura de mercado para ampliar o investimento privado no saneamento, persistem fragilidades institucionais no segmento de drenagem, com insegurança jurídica que dificulta e até inviabiliza a obtenção de investimentos.

No tocante aos instrumentos para a drenagem urbana, a PNSB, em suas mudanças via Lei nº 14.026/2020, mantém o plano de saneamento básico (Plansab no âmbito federal e PMSB nos municípios ou blocos deles, ou regionais) e o Sinisa como pilares da gestão. Complementarmente, planos para cada componente são previstos e, no caso da drenagem, o Plano de Manejo de Águas Pluviais (PMAP), abordado na subseção seguinte, é esperado como instrumento central de planejamento.

4.2.1 O PMAP

O PMAP, também denominado de Plano Diretor de Drenagem ou Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais, é o instrumento que traz, para cada município, diagnósticos e propostas de medidas de prevenção e controle de riscos dos usos do solo e dos recursos hídricos para o adequado manejo das águas pluviais, tendo em conta as ocupações e atividades humanas no âmbito da bacia hidrográfica. Os objetivos específicos esperados são os de preservar vidas, reduzir prejuízos e preservar a saúde das pessoas e o meio ambiente, principalmente o urbano.

O Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais do MDR (Brasil, 2012; 2020a), documento que orienta os municípios interessados em acessar os recursos da União (Ação Orçamentária 10SG, no exercício ao Plano Plurianual (PPA) de 2020-2023), traz instruções para projetos alinhados com a sustentabilidade e a visão ampla dos impactos das águas de chuva. De acordo com o manual (Brasil, 2020a), as iniciativas apoiadas pela União relativas à melhoria, à ampliação e à implantação de sistemas municipais de águas pluviais devem se fundamentar nos princípios do desenvolvimento de baixo impacto (ao solo, aos corpos hídricos e aos bens materiais humanos) e ser executadas a partir de um plano bem-estruturado.

Assim, em tese, os municípios apoiados com recursos da União devem priorizar soluções de redução, retardamento ou amortecimento do escoamento das águas pluviais e contar com medidas educativas, coordenação de ações locais com planejamento e gestão preventivos e não somente com obras (Brasil, 2020a). Para assegurar que as ações financiadas com recurso público não sejam isoladas e que tenham sido previamente planejadas, com baixo impacto e sustentáveis, segundo o manual (Brasil, 2020a) é mandatório que os municípios requerentes apresentem um PMAP, cuja unidade territorial é a bacia hidrográfica.

Ao superar parte das dificuldades até aqui citadas, há municípios brasileiros que já incorporaram em suas legislações o encorajamento, e até a obrigação, em alguns casos, de adoção de técnicas sustentáveis de manejo das águas pluviais. Embora sejam minoria no total de municípios, tais ações são importantes e podem ser estudadas e difundidas após alguns mandatos

TEXTO para DISCUSSÃO

municipais. O quadro 2 apresenta localidades com legislações de incentivo à transição dos modelos tradicionais de drenagem para componentes sustentáveis, tendo sido selecionados casos de todas as regiões do país.

QUADRO 2

Localidades cuja legislação menciona a drenagem urbana sustentável

Município	Instrumentos legais	Descrição
Palmas (Tocantins)	Lei Complementar nº 400, de 2018	Plano Diretor Participativo do Município de Palmas (Tocantins)
Imperatriz (Maranhão)	Lei Complementar nº 001, de 2018	Institui o Plano Diretor de Imperatriz e dá outras providências
Brasília (Distrito Federal)	Lei Complementar nº 803, de 2009	Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal
	Resolução nº 009, de 2011	Estabelece procedimentos para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos no Distrito Federal e locais com delegação da União e estados
	Lei nº 4.797, de 2012	Estabelece princípios, diretrizes, objetivos, metas e estratégias da Política de Mudança Climática no Distrito Federal
	Lei Complementar nº 929, de 2017	Dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para diversos fins em unidades imobiliárias e empreendimentos no Distrito Federal
São Paulo (São Paulo)	Lei nº 16.050, de 2014	Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo
	Lei Estadual nº 17.394, de 2021	Dispõe sobre inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado sistemas de coleta para captação da água de chuva
	Lei Estadual nº 12.526, de 2007 (Lei das Piscininhas)	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais no estado de São Paulo
Porto Alegre (Rio Grande do Sul)	Lei Complementar nº 646, de 2010	Altera e inclui dispositivos, figuras e anexos na Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999 – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre, e alterações posteriores, e dá outras providências

Elaboração dos autores.

Além desses exemplos de distintos perfis, nos últimos anos, centenas de municípios têm atendido aos requisitos do MDR para captação de recursos. Portanto, é inegável a possibilidade de convergência entre o aprimoramento institucional, o planejamento e a adoção de práticas sustentáveis no tema em debate. Todavia, deve-se admitir que os recursos que viabilizariam a transição da drenagem urbana sustentável estão condicionados ao atendimento de requisitos técnico-operacionais que grande parte dos municípios não possui. Parece remota a possibilidade de autonomia financeira municipal que seja capaz de responder ao aumento da cobertura e de manter a operação dos sistemas de drenagem com recursos próprios.

Além disso, a implantação de uma taxa específica para essa função – uma alternativa possível, porém de rara implementação no Brasil – exige consenso entre os usuários/contribuintes, o conjunto de atores sociais, em torno de uma tarifa sobre os serviços, e uma social para a população pobre. Para o cálculo de uma taxa é necessário, por exemplo, que os prestadores tenham documentação técnica de suporte para mensurar a contribuição individual de cada lote urbano e que exista lei municipal específica amparando a cobrança (Brasil, 2020c).

4.2.2 A PNSB, o Plansab e as diretrizes para o manejo e para a drenagem de águas de chuva

No que diz respeito ao planejamento nacional, o Plansab⁴ em seu texto apresenta discurso de estímulo à transição dos modelos de planejamento e investimento clássicos em saneamento básico para modelos sustentáveis. Os critérios, parâmetros e indicadores adotados para a seleção de projetos e o monitoramento dos objetivos alcançados, contudo, não são claros. Ao longo dos períodos do plano se fomenta a priorização de soluções sustentáveis para drenagem, porém elas ainda não se materializam em metas que sejam respaldadas por um plano consistente.

Entre os apontamentos do Plansab (Brasil, 2019) destacam-se quatro tópicos incentivando mudanças: i) o primeiro traz como premissa o deslocamento do foco tradicional em obras (medidas estruturais) para medidas de planejamento, gestão e governança (medidas estruturantes); ii) o segundo menciona a prospecção tecnológica para os temas de sustentabilidade, gestão integrada das águas urbanas, saneamento ecológico, reciclagem e combate às mudanças climáticas globais; iii) o terceiro estimula estudos na área de drenagem urbana; e iv) o quarto apoia a adoção de estratégias e ações compensatórias e estruturantes para reduzir os impactos de inundações, enxurradas e alagamentos, a partir de condições locais.

É importante o debate aberto, transparente e participativo sobre as formas, o orçamento e os prazos para acelerar tais propostas e assim dar sustentação às imposições do marco legal sobre metas a serem alcançadas conforme as novas regras da regulação. Sem tais aspectos, as entidades municipais dificilmente serão capazes de atender à legislação. Por isso, o desafio de efetivar as medidas depende da prioridade de poderes Executivo e Legislativo na alocação dos recursos na forma prevista pelo pacto federativo.

4. O Plansab possui três dimensões por escala de abrangência: os princípios fundamentais, as diretrizes e as estratégias. As diretrizes são a materialização dos princípios fundamentais e as estratégias são a dimensão mais próxima entre as ideias, as aspirações e os parâmetros expressos nos princípios e nas diretrizes e a sua transformação em ações factíveis pelo Estado. São 7 princípios fundamentais, 15 diretrizes, 87 estratégias e 29 indicadores, dos quais 24 são específicos para os 4 componentes do saneamento básico (Brasil, 2019).

Na versão revisada do Plansab de 2017-2019 (Brasil, 2019), a SNS procurou associar as metas e estratégias do saneamento básico às metas estabelecidas nos ODS. A sétima diretriz do plano direciona o planejamento e as estratégias para a drenagem urbana no Brasil em escala nacional. Os princípios da universalização e da integralidade estão explicitados, tendo como escopo a minimização de eventos hidrológicos impactantes (inundações, enxurradas e alagamentos) e o incentivo à gestão do componente integrado às bacias hidrográficas, alinhando a PNSB à PNRH. A relação entre o Plansab e a Agenda 2030, no tocante à drenagem urbana, é diretamente associada aos ODS 6, 11 e 13, quando lidas as metas em seu inteiro teor. As diretrizes estabelecidas no Plansab convergem com as diretrizes (metas) dos ODS, também pela ênfase no acompanhamento e controle dos eventos hidrológicos impactantes. São exemplos a busca por moradias saneadas e seguras, a integração de políticas urbanas e de habitação, assim como a prevenção de desastres. Há ainda de se destacar a proximidade no horizonte de alcance das metas: 2033 no plano nacional e 2030 para a Agenda 2030 da ONU.

5 LIMITAÇÕES AO PLANEJAMENTO E À GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Casos de gestões municipais com a implantação de sistemas sustentáveis de drenagem e outras obras no meio urbano se mantêm como exceções e não regra. Na maioria deles há barreiras sociais e institucionais (Chapa, Pérez e Hack, 2020) que limitam a adoção e difusão de medidas sustentáveis ou que as tornam lentas e pouco eficientes. Porse (2013) aponta que são vários e complexos os desafios relacionados à governança das águas pluviais como financiamento reduzido ou inexistente, desenvolvimento urbano não controlado, ausência de dados confiáveis, falta de integração de infraestrutura nova à existente, descumprimento de requisitos de qualidade ambiental e dificuldades com a hidrologia naturalmente incerta.

Baptista e Nascimento (2002) e Tucci (2012) sintetizaram as principais fragilidades da estrutura da drenagem urbana no Brasil, levando em consideração a estrutura institucional e o financiamento da sua implantação e gestão. Décadas depois das ponderações levantadas pelos autores anteriormente citados, persistem fragilidades tais como o fiel diagnóstico de drenagem, em razão do caráter secundário que o componente possui. Brasil (2020c) destaca dificuldades quanto à: falta de capacitação técnica dos agentes municipais; carência de informações; falta de instrumentos de gestão; inexistência de normas técnicas de âmbito nacional para projetos; falta de padronização em terminologias adotadas no setor. Essas fragilidades, em sua maioria institucionais, são impeditivas à inovação e transição dos sistemas para modelos integrados e sustentáveis.

Entre as peculiaridades que se tornam desafios do setor estão as mencionadas pela SNS no diagnóstico do componente (Brasil, 2020c): i) a difícil conceituação e adoção de um índice de atendimento em drenagem; ii) a inexistência de uma relação direta entre a infraestrutura existente com o nível de risco de inundações; iii) a dificuldade na obtenção de dados e informações pelos próprios prestadores de serviços; e iv) a difícil tarefa de correlacionar, com precisão, os eventos de precipitação e as informações fornecidas pelos prestadores. Os impactos dessas limitações são listados no Plansab (Brasil, 2019): o abastecimento de água conta com oito indicadores, o esgotamento sanitário e o manejo de resíduos sólidos com seis e oito, respectivamente, enquanto a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas possuem apenas dois (quadro 3).

QUADRO 3

Número de indicadores propostos no Plansab por componente do saneamento básico

Componente	Indicadores	Tema foco	
Abastecimento de água	8	3 indicadores de cobertura 1 indicador de qualidade da água 3 indicadores de gestão da rede 1 indicador sobre cobrança	Universalização dos serviços Prestação mais eficiente Conservação dos mananciais Sustentabilidade financeira
Esgotamento sanitário	6	3 indicadores de cobertura 1 indicador sobre tratamento de esgoto 1 indicador socioeconômico 1 indicador sobre cobrança	Universalização Redução da poluição Redução das desigualdades de acesso Sustentabilidade financeira
Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	8	3 indicadores de cobertura 3 indicadores sobre disposição final 1 indicador sobre coleta seletiva 1 indicador sobre cobrança	Universalização Redução da poluição Destinação adequada Redução e reciclagem de resíduos Sustentabilidade financeira
Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	2	1 indicador de acompanhamento e controle dos eventos hidrológicos impactantes 1 indicador de segurança habitacional	Redução do risco de desastres naturais Redução da vulnerabilidade habitacional

Fonte: Plansab (Brasil, 2019).

Elaboração dos autores.

Observa-se no quadro que os indicadores de drenagem urbana se referem apenas à redução dos riscos de desastres e da vulnerabilidade habitacional, não se contemplando a eficiência na prestação dos serviços, a proteção ambiental, a redução da poluição e a sustentabilidade financeira. Diante da realidade de danos ambientais e lacunas nos serviços, há de se levar em consideração também as perspectivas de mudanças climáticas, o aumento em intensidade e frequência de eventos extremos, desenhando indicadores para tanto. Sobre este tema, o Plansab atribui duas causas à dificuldade de construção de metas e indicadores para a drenagem urbana: as fragilidades das bases de dados disponíveis e a inexistência de indicador capaz de representar o nível de atendimento à população (Brasil, 2019, p. 156).

TEXTO para DISCUSSÃO

A resposta principal para o primeiro desses itens é a combinação de iniciativas e o seu tempo de maturação. A tarefa de estabelecer e manter uma base de dados nacional que seja realista, transparente e que alcance as diferentes escalas e particularidades regionais no Brasil é complexa, com situações e capacidade heterogêneas, além das dimensões continentais como mencionado no SNIS-AP (Brasil, 2020, p. 17): i) a dificuldade de obtenção de dados e informações pelos próprios prestadores de serviço; ii) a fragilidade da formação e composição dos quadros técnicos municipais; e iii) a heterogeneidade da terminologia e a diversidade de cultura técnica, ao longo do território nacional. Nesse sentido, cabe aprimorar incentivos e direcionamentos de ações do poder público para a adesão municipal e a implementação de projetos de auditoria e capacitação, como o Projeto Acertar, do MDR. A iniciativa do governo federal busca orientar os prestadores de serviços quanto às melhores práticas para a gestão das informações do SNIS. O objetivo final principal da iniciativa é mitigar os riscos no tocante à geração das informações, atuando de forma preventiva ou detectiva na identificação de potenciais erros e desvios.

Quanto à inexistência de indicadores sobre o alcance da população e outros alinhados à drenagem sustentável, a resposta é mais complexa, devendo-se seguir no sentido de evidenciar as funções desse componente de saneamento básico para além da remoção das águas de chuva das cidades e da proteção contra inundações. A mensuração do nível de cobertura tem a ver, também, com a contribuição do escoamento superficial que cada terreno urbano ou cada usuário destina ao sistema público de drenagem. Portanto, é necessário romper com o paradigma tradicional e enxergar a gestão urbana das águas pluviais sob as concepções de sustentabilidade socioambiental, com a visão de integração do ambiente urbano transformado aos regimes e fluxos naturais (UN-Water, 2018). Entre os indicadores possíveis nessa linha estão: i) o nível de conservação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos; ii) o nível de proteção de ecossistemas; iii) o nível de redução das ilhas urbanas de calor; iv) o estágio ou grau de melhoramento da paisagem; e v) a dimensão ou qualidade de criação e manutenção de ambientes de lazer beneficiados com o manejo e a drenagem de águas pluviais.

As metas do Plansab se abstêm do mérito de propor alternativas ou modelos a serem adotados para alcançá-las, ilustrando que o instrumento se encontra ainda na fase de evolução. Se por um lado essa abstenção faculta aos municípios o plano de ação do componente, levando em consideração as tecnologias conhecidas, as práticas usualmente empregadas, as realidades locais e as diferenças regionais, por outro lado favorece a permanência das medidas convencionais de drenagem urbana. Conforme demonstra a visão estratégica do Plansab, o estabelecimento das metas está diretamente relacionado com a definição das diretrizes, das estratégias, dos programas e das ações. Desse modo, a construção dos indicadores e das metas deve extrapolar os limites da mitigação para a efetiva implantação de um modelo de desenvolvimento de fato sustentável.

5.1 Dos planos às estratégias de implementação: algumas experiências

A implementação da gestão sustentável e integrada das águas urbanas no amplo contexto de gestão das águas, das políticas urbanas e do saneamento básico tem sido um desafio de todos os países, em distintos estágios de desenvolvimento econômico. Apenas uma parte dos países desenvolvidos conseguiu superar os problemas relacionados ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário e à drenagem urbana, no tocante a aproximar-se da universalização de serviços com qualidade e sustentabilidade socioambiental. O ponto central dos desafios globais, atualmente, é lidar com a qualidade das águas escoadas, seu aproveitamento e controle da poluição difusa. No Brasil há, primeiramente, a necessidade de priorizar a moradia decente em locais de menores riscos de intempéries e seus efeitos às pessoas e aos ecossistemas.

A partir dessa compreensão, diferentes ações e programas têm sido desenvolvidos e empregados ao redor do mundo, alguns deles sendo brevemente discutidos nesta seção. O interesse aqui é destacar três grupos de arranjos ou tipologias distintos que podem ser objeto dos projetos de manejo sustentável das águas, pensando na realidade brasileira e nas iniciativas existentes mundo afora. São eles: i) o manejo centrado na restauração de ambientes e cursos d'água – que consiste em voltar o leito de água de onde ele tenha sido interrompido – aplicável a situações de grandes transformações na natureza; ii) o manejo a partir de medidas de adaptação e aumento da resiliência ambiental e dos cursos d'água em particular, aplicável em situações de danos e ocupação de intensidade média; e iii) o manejo a partir do princípio da precaução desde o planejamento anterior aos adensamentos urbanos, ancorados no respeito à natureza e ao seu ciclo hidrológico, primeiramente, e não em obras.

A adoção de tipologias como essa é útil para o Brasil na medida em que o país elabora um amplo diagnóstico, com indicadores consistentes para orientar a priorização dos investimentos nessa área. Tal diagnóstico deve partir de dados municipais, de bacias de drenagem e de estudos complementares que caracterizem as formas de intervenções necessárias – sejam elas baseadas na tipologia apresentada ou em outras. Cada nível de governo poderá, nessa hipótese, determinar as formas de implementação, inclusive em parcerias, sendo de grande relevância a possibilidade de milhares de municípios no país – em geral os mais novos e menos ambientalmente degradados –, serem ainda passíveis das ações do tipo (iii), que são mais sustentáveis e viáveis no longo prazo, de acordo com a literatura levantada em Mendes e Santos (2021).

Entre os exemplos selecionados, a literatura destaca aqueles de implementação das soluções do tipo (i), como é o caso do projeto de restauração de Cheonggyecheon, em Seul (Coreia do Sul) (Hwang, 2015; World Bank, 2015). Iniciado em julho de 2002 e concluído em 2004, ele foi centrado

na revitalização do córrego Cheonggyecheon, que durante a expansão de Seul havia sido coberto para a construção das infraestruturas de tráfego. Essa restauração fez parte de um projeto ousado, do início dos anos 2000, que levou à revitalização do centro da cidade, fazendo reaparecer o potencial do espaço público verde. As ações consistiram em recuperação de rios, restauração urbano-ambiental, reestruturação do sistema de transporte na região central da cidade. Em síntese, trata-se de iniciativa corretiva e de readaptação de um ambiente desejado pelos cidadãos, apesar de se caracterizar pelo alto custo de execução, dadas as condições de urbanização existentes. Os recursos alocados no projeto foram oriundos de financiamento público, o que exige condição fiscal e priorização, além da aceitação de mudanças necessárias para as obras (Hwang, 2015; World Bank, 2015).

O caso do Programa Cidades-Esponja (PCE) na China (He *et al.*, 2019; Nguyen *et al.*, 2020) pode também ser enquadrado na tipologia (i) apresentada. Lançado oficialmente em 2013 pelo governo chinês como estratégia de desenvolvimento urbano sustentável, o PCE objetiva restaurar o sistema hídrico urbano de trinta cidades, em duas fases, usando soluções ecologicamente corretas, a partir da coleta, do gerenciamento e da reutilização da água urbana. As ações de engenharia se agrupam em implementação de técnicas de drenagem de baixo impacto e na recuperação de áreas de infiltração natural. O período de implementação da primeira fase se iniciou em 2015, em dezesseis cidades, sendo a segunda fase iniciada em 2016 nas outras quatorze cidades. Os recursos estimados, apenas para o primeiro lote de cidades, são de aproximadamente € 11 bilhões, sendo a maior parte advinda das próprias cidades e do setor privado (Zevenbergen, Fu e Pathirana, 2018; Qi *et al.*, 2020). Portanto, também se trata de medida de reparação de condição ambiental ou de sua manutenção em um estágio desejável para a população e a um custo elevado.

Ainda nessa mesma tipologia de intervenção com componentes de restauração, porém combinada com uma situação ainda não degradada inteiramente – portanto, tipos (i) e (ii) de intervenção em prol da sustentabilidade no manejo das águas –, um exemplo atual de grande escala no Brasil é o Programa Urbano Ambiental Macambira-Anicuns (Puama), em Goiânia, o qual conta com ações de integração de políticas ambiental, urbana e de saneamento. Esse programa abrange um conjunto de ações em andamento, lideradas pela prefeitura de Goiânia com objetivo de

contribuir para equacionar os problemas ambientais, urbanísticos e sociais que afetam a cidade de Goiânia, resultantes da ocupação desordenada do espaço urbano, em especial das margens dos cursos d'água Macambira e Anicuns, estimulando a participação (individual e coletiva) dos cidadãos no processo de construção de um desenvolvimento sustentável da cidade (...).⁵

5. Disponível em: <<https://www.goiania.go.gov.br/download/puama/programa.pdf>>.

A situação de degradação das águas, por descargas de esgotos e águas de chuvas não tratadas, é um fator central que motiva o projeto.

As ações são voltadas para a recuperação de parte das condições naturais e da qualidade dos córregos e outras nascentes, incluindo a vegetação marginal, bem como estruturação e/ou a criação de um parque linear de 24 km de extensão (e 30 m de cada margem, em grande parte da sua extensão), além de reassentamentos e regularização fundiária urbana. Cerca de 130 bairros são, de alguma forma, beneficiados pelo projeto, cuja previsão de implementação – entre 2009 e 2016 – não se realizou por completo. Destaca-se que não são claras as medidas a serem adotadas para induzir e cobrar as pessoas físicas e jurídicas públicas e privadas para cumprirem as suas obrigações em terrenos e edificações urbanas, de modo a reduzir os impactos da impermeabilização já avançada do solo na área de abrangência da iniciativa. Os investimentos necessários são obtidos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), em até 60% do total, e os 40% restantes são de responsabilidade do município de Goiânia.

O terceiro tipo de medida de gestão apresentado, que parte centralmente do princípio da precaução, no planejamento urbano e no foco na natureza, é um ideal ainda distante, embora com sinais de opção consistente (UN-Water, 2018; Mendes e Santos, 2021) em grande número de cidades no Brasil. Iniciativas nesse grupo são mais facilmente adotáveis em parcelamentos do solo e edificações novas, em que se exigem infraestruturas de ruas abertas, sistemas de saneamento (água e esgotamento sanitário), porém ainda adotando-se sistemas de drenagem tradicionais – com tubulações ou escoamento nas ruas e meio-fio e lançamento final da água nos leitos dos rios e baixa absorção ou aproveitamento das águas de chuvas. Nesses casos, as autoridades devem caminhar para o passo seguinte da sustentabilidade dos empreendimentos – habitacionais e empresariais –, no sentido da drenagem sustentável.

Outra medida de grande impacto, mesmo em bairros consolidados, é a possível adoção de medidas de incentivo, inclusive com cobrança diferenciada de tributos (como o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU) para os proprietários que seguem as regras do ordenamento urbano e das penalizações para aqueles que não seguem. Iniciativas positivas tendem a rejeitar projetos, obras descontextualizadas de planos e projetos sustentáveis e até mesmo dificultar acessos a políticas nos casos fora de conformidades ambientais e sociais dos investimentos (aspectos já previstos na legislação nacional, inclusive).

Desse modo, há de se apoiar, em todas as instâncias de gestão e nas instituições financeiras, as iniciativas de natureza preventiva e as de precaução e aquelas do grupo (ii), de adaptação e aumento da resiliência do meio ambiente, particularmente dos rios. A priorização desses dois tipos ou grupos de iniciativa evita custos maiores no futuro, como tem apontado a literatura, sem ignorar as situações que exigem medidas de toda sorte para a proteção da vida humana, no âmbito das políticas de ordenamento dos usos do solo e de moradia.

6 FINANCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA: PERSPECTIVA ATUAL E TENDÊNCIAS

O Brasil desenvolve mecanismos, como ocorre nos países mais ricos, a partir de tributos (impostos, contribuições e taxas) e tarifas sobre os serviços locais como forma de aumentar o financiamento e a sustentação de sistemas e infraestruturas urbanas. Contudo, também à semelhança do que acontece mundo afora, no Brasil todos os componentes do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais) ainda dependem do financiamento público (Santos, Kuwajima e Santana, 2020), principalmente da União. Assim, o financiamento dos serviços públicos de drenagem no Brasil provém, para obras locais e de menor custo, quase que exclusivamente do orçamento municipal, e depende de repasses estaduais e federais para obras maiores. Os projetos de drenagem concorrem com outros serviços de interesse local e por vezes são acessórios, ficando à mercê dos recursos remanescentes do orçamento público.

Portanto, é claro o desafio de aprimorar ações de investimento a fim de alcançar metas consistentes para o saneamento básico como um todo, sob a ótica dos princípios da universalização e da integralidade presentes na PNSB. Nas subseções seguintes esse tema é abordado, trazendo dados sobre a aplicação de recursos, bem como a estrutura e as possibilidades orçamentárias por parte da União para o setor.

6.1 Fomento da União e base de sustentação municipal à drenagem pluvial

De acordo com Brasil (2019), em torno de 50% dos investimentos em água e esgotos no país teve origem em recursos não onerosos, da União, entre 2003 e 2017. Santos, Kuwajima e Santana (2020) e Kuwajima *et al.* (2020) ressaltam a natureza das atividades do setor, as dificuldades estruturais e o alto grau de endividamento dos municípios, com restrita base arrecadatária e fragilidades de gestão, como limitadores de investimentos próprios.

A revisão do Plansab (Brasil, 2019) mostrou que a maior parte dos investimentos em saneamento básico no país está concentrada em abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, cerca de 40,3% e 42,8%, respectivamente do total de investimentos entre 2003 e 2017. Gestão (para água e esgoto), drenagem e manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, juntos, não atingem 20% do total investido no período.

A falta de alocação contínua e sistemática de recursos e os altos custos relacionados à implantação e à manutenção da infraestrutura de drenagem configuram um panorama muito frequente de incapacidade financeira do sistema se autossustentar (Baptista e Nascimento, 2002; Colombelli, 2018).

Em 2019, um total de 3.613 municípios informaram ao SNIS a ausência de cobrança, de qualquer natureza, ou o ônus indireto pelos serviços de drenagem. As formas de custeio dos sistemas desses municípios são descritas na tabela 3.

TABELA 3**Formas de custeio dos municípios que declararam não haver cobrança pelos serviços**

Formas de custeio	Municípios	%	Municípios com até 20 mil habitantes	%
Recursos do orçamento geral do município	1.964	54,4	1.226	50,3
Não existe forma de custeio	1.485	41,1	1.117	45,9
Outras	98	2,7	49	2,0
Receitas de contribuição de melhoria	65	1,8	43	1,8
Receitas de taxas	1	0,0	1	0,0
Total	3.613	100,0	2.436	100,0

Fonte: SNIS-AP, 2019.

Elaboração dos autores.

Em nível nacional, de acordo com o SNIS-AP (Brasil, 2020c), o investimento *per capita* nos serviços de drenagem é de R\$ 25,55/habitantes ao ano (a.a.) e a despesa *per capita* é de R\$ 19,97/habitantes a.a. Conforme a tabela 4, desconsiderando os municípios nos quais não houve investimento ou despesas declaradas, a maior concentração de municípios ocorre justamente na faixa de menor investimento *per capita*, que por sinal é significativamente inferior à média nacional. No que diz respeito às despesas, o maior número de municípios também se concentra na menor faixa, equivalente a menos de R\$ 10,00 por habitante.

TABELA 4**Investimentos e despesas municipais *per capita* com os serviços de drenagem urbana**

Investimento <i>per capita</i> (R\$/habitante)	Número de municípios	Respondentes (%)
Não houve investimento	1.993	54,6
Menos de 10,0	744	20,4
Entre 10,0 e 20,0	265	7,3
Entre 20,0 e 30,0	158	4,3
Entre 30,0 e 40,0	108	3,0
Entre 40,0 e 50,0	77	2,1
Mais de 50,0	307	8,4
Total	3.652¹	100,0

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Despesas <i>per capita</i> (R\$/habitante)	Número de municípios	Respondentes (%)
Despesas iguais a 0	1.230	33,7
Menos de 10,0	1.232	33,7
Entre 10,0 e 20,0	434	11,9
Entre 20,0 e 30,0	221	6,1
Entre 30,0 e 40,0	124	3,4
Entre 40,0 e 50,0	83	2,3
Mais de 50,0	328	9,0
Total	3.652²	100,0

Fonte: SNIS-AP, 2019.

Elaboração dos autores.

Notas: ¹ Foi desconsiderado o município de Bragança (Pará), pois o valor apresentado pela cidade foi tido como inconsistente no SNIS-AP de 2019.

² Foi desconsiderado o município de Buenópolis (Minas Gerais), pois o valor apresentado foi tido como inconsistente no SNIS-AP de 2019.

A Lei nº 14.026/2020 destaca a sustentabilidade econômico-financeira como um dos princípios fundamentais da prestação dos serviços prevendo, sempre que possível, a cobrança como instrumento de remuneração (Brasil, 2007; 2020b). Todavia, conforme destacam Caçado, Nascimento e Cabral (2006), diferentemente do que acontece com os serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, a cobrança pela drenagem urbana é praticamente inexistente no país, principalmente devido às dificuldades de mensuração da demanda de cada usuário dos serviços. Além disso, a falta de autonomia do prestador costuma esbarrar em questões de interesse político, como o receio de gestores municipais de implantar uma taxa que possa gerar um impacto negativo na opinião pública.

Em 2019, dos 40 municípios (1,1%) que declaram possuir algum mecanismo de cobrança, 8 (20,0%) fazem-na por meio de taxa específica, 7 (17,5%) através de cobrança de tarifa ou preço público, 21 (52,5%) por meio de outras formas e 4 (10,0%) não especificaram o mecanismo adotado. Além disso, dos 8 municípios que possuem uma taxa específica, apenas 3 confirmaram a realização de cobrança por meio de legislações municipais: Montenegro (Rio Grande do Sul), Porto Alegre (Rio Grande do Sul) e Santo André (São Paulo) (Brasil, 2020c).

6.2 Perfil dos gastos da União para a drenagem urbana

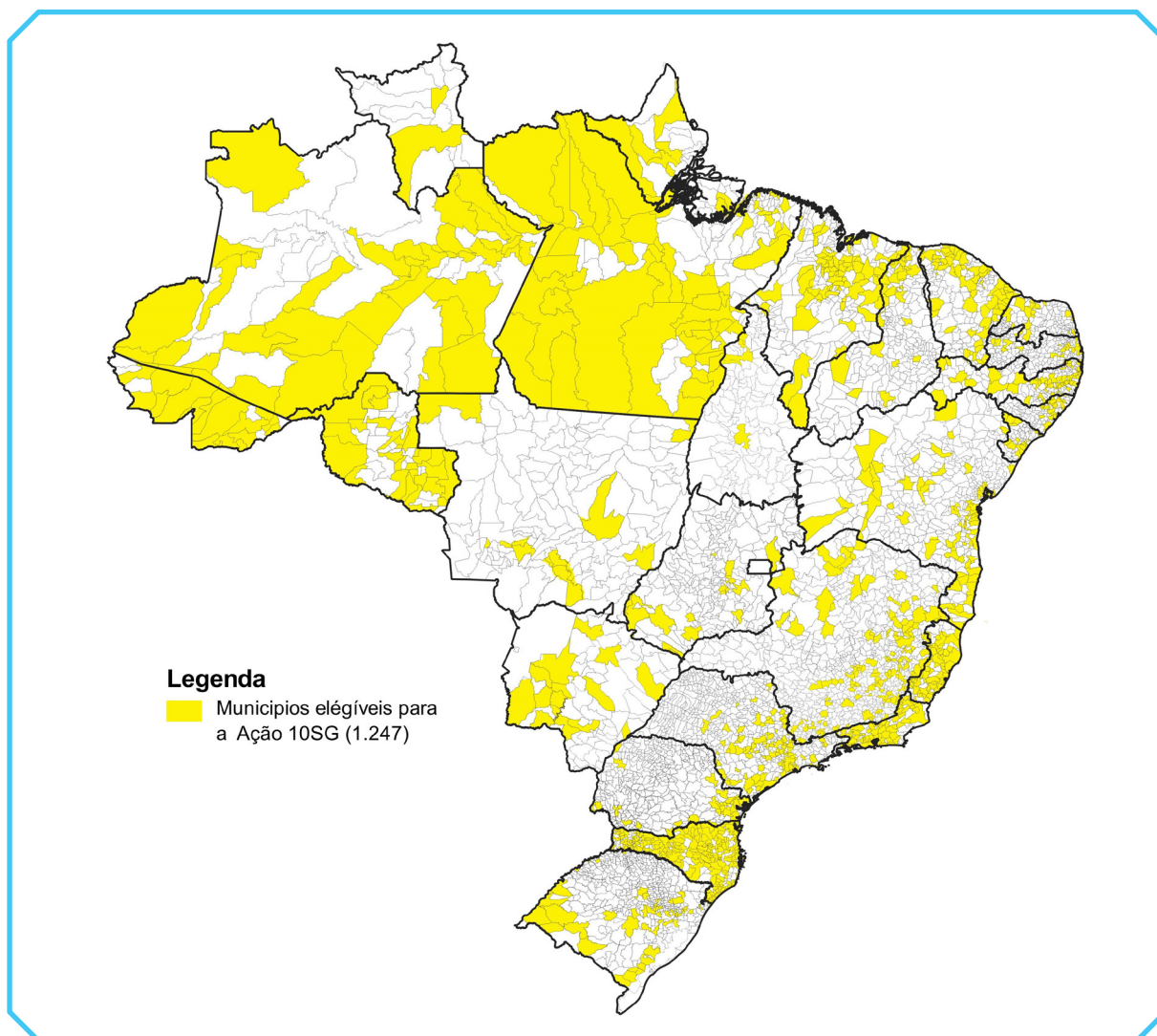
É oportuno apresentar o perfil dos gastos da União com o componente drenagem de águas pluviais urbanas, que é o foco deste texto. O PPA possui programas temáticos específicos de estímulo e amparo ao desenvolvimento do setor de saneamento básico, no que diz respeito à drenagem urbana. As diretrizes dão ênfase, em tese, à drenagem sustentável, cabendo citar o Programa Gestão de Riscos e Desastres, por meio da Ação Orçamentária 10SG. Ela é, atualmente, a principal iniciativa da União para apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais em municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de inundações, enxurradas e alagamentos, e está relacionada ao Programa: 2218 – Gestão de Riscos e Desastres, que agrupou o conjunto de ações de drenagem desde o PPA 2016-2019. Historicamente, os programas e as ações orçamentárias da União estiveram centrados em medidas corretivas: apoio à construção e recuperação de infraestrutura hídricas nos municípios (controle de enchentes); estruturação e manutenção de sistemas de informações e alertas; funções estruturantes como o suporte à gestão, aos estudos e às pesquisas, embora em baixo volume.

De acordo com Brasil (2020c), são elegíveis à Ação Orçamentária 10SG os municípios que: i) possuam mapeamento de setorização de risco realizados ou reconhecidos pelo CPRM; e ii) tenham processo hidrológico crítico (inundação, enxurrada, enchente ou alagamento) como dominante. Esses recortes elegem municípios com alguma estrutura para atingir o item (i), além de pressupor estudos capazes de caracterizar aqueles enquadrados no item (ii). Tais condições são limitadoras de acesso a municípios desprovidos de capacidades mínimas de gestão.

Em que pesem as restrições, até 2019 foram mapeados e indicados como contendo processo dominante de origem hidrológica um total de 1.247 municípios, conforme a figura 4 (Brasil, 2020c). A distribuição regional desses municípios indica que 155 (12,5%) deles estão localizados na região Norte, 379 (30,4%) no Nordeste, 356 (28,5%) na região Sudeste, 317 (25,4%) na região Sul e 40 (3,2%) no Centro-Oeste do país.

FIGURA 4

Municípios elegíveis para acessar os recursos do programa Gestão de Riscos e Desastres



Fonte: Brasil (2020c).

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

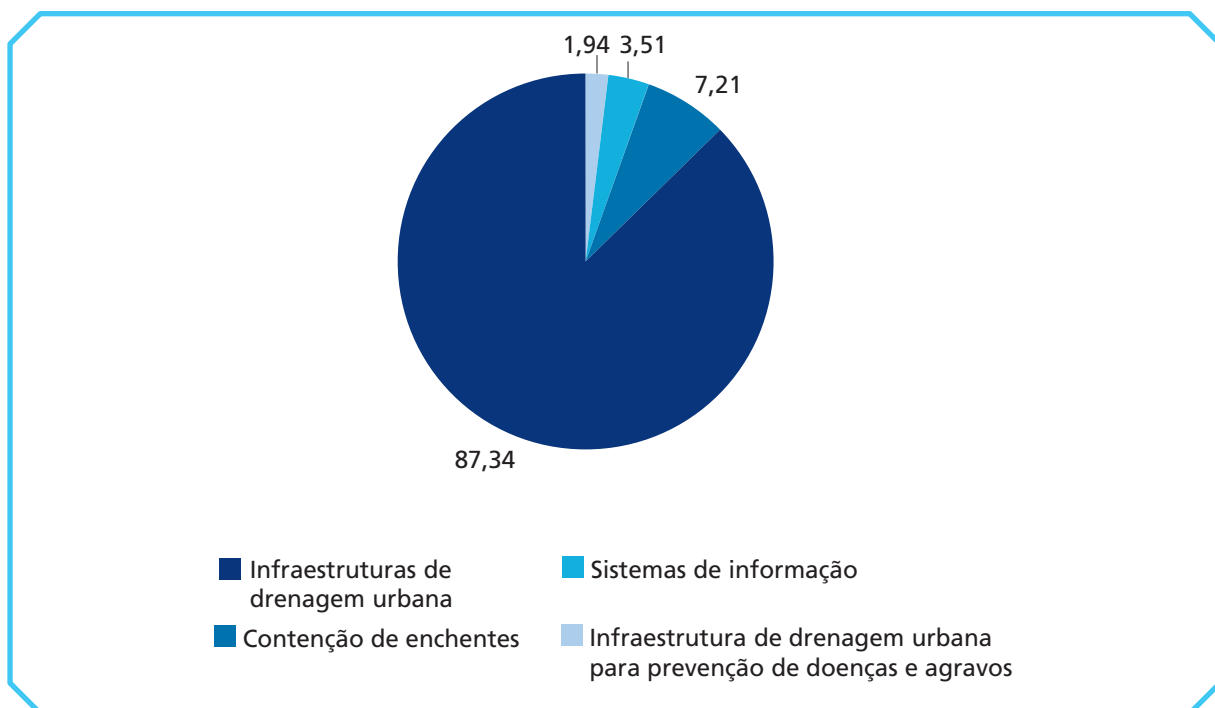
Sem adentrar nos critérios de elegibilidade, que podem ter sido diferentes durante o período analisado, utilizamos os dados coletados no Siop, entre 2000 e 2018, identificando que pelo menos R\$ 7,86 bilhões (a valores corrigidos pelo Índice Geral de Preços-Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getulio Vargas (FGV), para 31 de dezembro de 2020) foram investidos em manejo e drenagem de águas pluviais urbanas. Outros R\$ 8,39 bilhões foram investidos em obras

de saneamento e segurança hídrica, dos quais não é possível saber se foram direcionais em alguma escala para obras e/ou serviços referentes ao componente, segundo dados obtidos do Siop.⁶

Do total de R\$ 7,86 bilhões desembolsados pela União no período 2000-2018, as ações em infraestrutura de drenagem urbana somaram R\$ 6,87 bilhões, dos quais 54,3% na Ação Orçamentária 10SG. Quanto aos demais recursos, cerca de R\$ 152,44 milhões foram investidos em obras de drenagem com a finalidade de combater doenças e agravos, outros R\$ 567,02 milhões em obras de contenção de enchentes e cerca de R\$ 275,96 milhões em sistemas de informação (gráfico 1).

GRÁFICO 1

Total de investimentos da União em ações de drenagem urbana por tipo de destinação
(Em %)



Fonte: Siop.

Elaboração dos autores.

Obs.: Dados atualizados pelo IGP-DI para 31 de dezembro de 2020.

6. Os dados coletados no Siop foram classificados a partir da descrição das ações orçamentárias às quais cada dado estava associado. Cada ação passou por duas etapas de análise: a primeira a fim de identificar o grupo de ações orçamentárias com alguma relação com saneamento básico (em diversos ministérios), sendo enquadradas nesse grupo as ações que se relacionavam, direta ou indiretamente, a algum dos quatro componentes do saneamento básico; em seguida, os dados foram classificados em função do componente específico. Portanto, uma busca no Siop a partir apenas de programas, funções ou subfunções apresentará resultados diferentes.

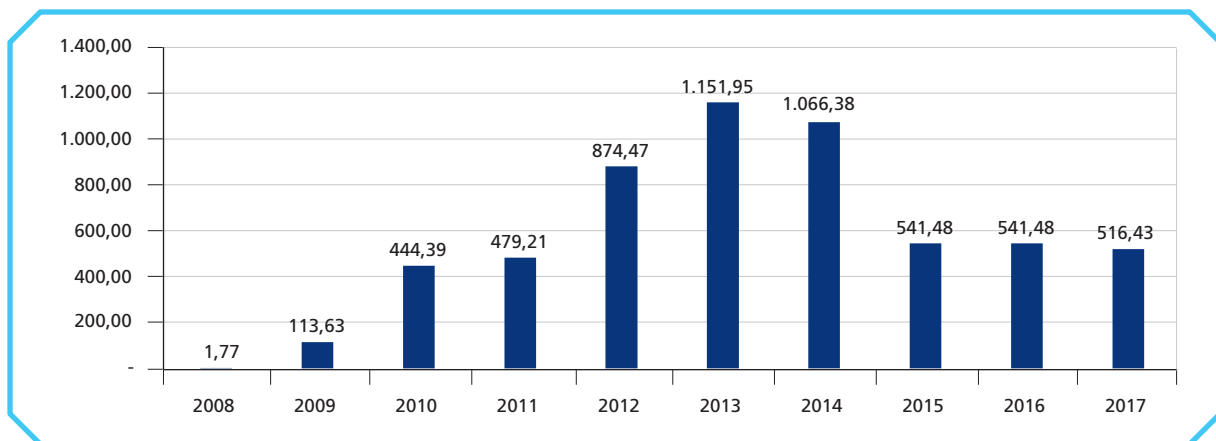
TEXTO para DISCUSSÃO

Do grupo de intervenções apoiáveis pela Ação Orçamentária 10SG, a maioria está relacionada aos múltiplos serviços fornecidos pelos sistemas de drenagem sustentável, com clara ênfase na recuperação das características anteriores à urbanização: infiltração e evaporação; recuperação dos rios e córregos urbanos; e aproveitamento da água da chuva. Entretanto, a ampliação, a recuperação e a construção dos sistemas de drenagem subdimensionados são tidas como alternativa em caso de esgotamento das possibilidades de adoção de ações que promovam o amortecimento das vazões de pico, da redução do escoamento superficial e da velocidade. Além disso, obras convencionais de macro e microdrenagem são complementares às medidas inicialmente apresentadas.

Conforme descrito nas seções anteriores, a maior parte dos recursos federais aplicados para a drenagem urbana são referentes à Ação Orçamentária 10SG, que traz a indicação de medidas de princípios de manejo sustentável das águas pluviais urbanas no próprio nome da ação. Além desta, há dezenas de ações orçamentárias e alguns programas do PPA que podem ser articulados a partir de quatro secretarias do MDR na execução das políticas e dos orçamentos voltados para o meio urbano. As oscilações no orçamento e a crise fiscal são as dificuldades do momento, porém não são barreiras às medidas de integração e indução de novos paradigmas.

Uma lacuna adicional identificada é o fato de que apenas uma pequena parcela dos municípios brasileiros possui algum tipo de sistema natural de drenagem, como visto, de acordo com o SNIS-AP, apesar de o título das ações e dos programas indicarem o caminho da sustentabilidade. Por isso, é importante que sejam emitidos relatórios com informações detalhadas das dotações orçamentárias e dos projetos efetivados, a fim de gerar indicadores e condições para estudos e monitoramento sobre qual o tipo de iniciativa local os investimentos federais (podem ser também os estaduais e municipais) estão apoiando: se os ligados às novas tendências sustentáveis ou às tradicionais.

O gráfico 2 apresenta os valores totais pagos entre 2008 e 2017 pela Ação Orçamentária 10SG. Além de os valores serem relativamente baixos (menos de R\$ 200 milhões, em 2008, e máximo de R\$ 1,15 bilhão, em 2013), diante dos desafios do país nessa área, evidencia-se a oscilação nos desembolsos, o que é típico de iniciativas não prioritárias para o núcleo tomador de decisão. O comportamento ascendente dos investimentos, entre 2009 e 2013, seguiu os demais componentes do saneamento, como mostrado em Brasil (2019), por ocasião do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). A fase descendente, após 2014, passa a refletir a crise fiscal e econômica que acometeu o país, com diminuição progressiva de investimentos públicos em saneamento, chegando a apenas R\$ 516 milhões alocados na Ação Orçamentária 10SG, em 2017.

GRÁFICO 2**Desembolso da União pela Ação Orçamentária 10SG – drenagem pluvial urbana**
(Em R\$ milhões)

Fonte: Siop.

Elaboração dos autores.

Obs.: Valores corrigidos pelo IGP-DI para 31 de dezembro de 2020.

Além do pequeno volume e da oscilação dos valores dos recursos destinados a obras, há de se registrar que o mesmo ocorre em relação ao fomento à pesquisa e ao aprimoramento da gestão. O fomento à pesquisa por parte do governo federal historicamente ocorre por meio dos fundos setoriais de inovação (com destaque para o Fundo Setorial de Recursos Hídricos – CT-Hidro) do MCTI e da compensação pelo uso de recursos hídricos – a exemplo da Compensação Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos para Fins de Geração de Energia Elétrica (CFURH). Essas fontes devem ser mobilizadas na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias e na efetivação de soluções locais sustentáveis, inclusive por serem setoriais e desvinculadas do Orçamento Geral da União (OGU). Na linha de integração de ações e governança inclusiva, a indução e o direcionamento de ações nesse sentido devem ser combinados com o aumento das responsabilidades de todos os agentes atuantes no âmbito setorial e de gestão no meio urbano, estimulando projetos sustentáveis.

Vale registrar que a necessidade de promover a transição dos sistemas de drenagem não significa o pleno abandono das técnicas convencionais de manejo de águas urbanas. A literatura defende que esses sistemas operem de forma integrada (Brown, Farrelly e Loorbach, 2013), unindo o lado eficiente das infraestruturas existentes com a restauração dos ambientes urbanizados das infraestruturas verdes. Além disso, em municípios e bairros sem os serviços de drenagem, ou naqueles implantados recentemente, devem ser impositivos os sistemas de base sustentável, combinados com o uso do solo na forma do plano diretor e de habitações fora das áreas alagáveis, inundáveis ou de deslizamento. A alocação de recursos para capacitação nesse sentido está prevista, inclusive com recursos da União (Lei nº 14.026/2020 e Decreto Presidencial nº 10.588/2020).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste *Texto para Discussão* foram apresentados elementos históricos e conjunturais dos serviços de manejo das águas pluviais e de drenagem urbana no Brasil. Assim como em outros países, as ações para sair das soluções convencionais para águas da chuva, até então baseadas em obras, para ações de precaução e prevenção de danos e riscos, a partir de concepções de gestão e tecnologias sustentáveis de manejo das águas, ainda estão em transição. Destacou-se a importância do incentivo e do direcionamento de ações para a transição dos investimentos em sistemas integrados de gestão de recursos hídricos e saneamento básico dentro do contexto de políticas urbanas e habitacionais. Nessa linha, a priorização de investimentos em obras e em técnicas convencionais de drenagem urbana deve ser revista, deixando de ser uma barreira para a mudança de paradigma.

Alguns dados sustentam tais argumentos e mostram o déficit dos serviços: i) baixa capacidade técnica e operacional dos departamentos responsáveis pela drenagem – no SNIS-AP de 2020, 1.468 municípios, ou 40,2% do total de 3.653 municípios respondentes, declararam não possuir pessoal dedicado aos serviços de drenagem urbana e outros 1.096 (30%) declararam ter apenas de uma a cinco pessoas; ii) dificuldades centradas nos municípios mais pobres e pequenos – entre os 1.468 municípios que não contam com pessoal dedicado para drenagem, 1.173 têm menos de 20 mil habitantes; iii) baixa participação dos municípios na gestão das águas – apenas 1.384 municípios entre os que responderam ao SNIS-AP participam de comitê de bacia ou de sub-bacia hidrográfica; iv) baixa implementação de um plano diretor de drenagem urbana – 2.938 municípios (80,4%) não possuem esses instrumentos; v) somente 662 municípios possuem cadastro técnico do sistema de drenagem; e vi) apenas 855 municípios declararam que adotam algum tipo de solução sustentável de drenagem – 280 municípios declararam ter parques lineares e 174 informaram ter dispositivos de retenção de águas, seja em reservatórios, bacias, lagos, piscinões ou tanques.

No tocante à obtenção de dados, foram observados avanços consideráveis no SNIS-AP de 2020, constatando que os 3.653 do total de 5.170 municípios do país concentram 83% da população urbana. A região Sul conta com o maior número de municípios respondentes (83,5%) e a região Norte com a menor participação (46%). Porém, há lacunas de qualidade e quantidade de dados que dificultam o uso eficiente de recursos por parte da União e dos demais entes da Federação, sendo importante que os dados do SNIS e do Sinisa sejam complementados com informações mais detalhadas e que possibilitem o monitoramento das diretrizes e dos instrumentos da política de saneamento.

A revisão do Plansab de 2019 mostrou que os esforços de regulação e os investimentos em saneamento básico se concentram em abastecimento de água e esgotamento sanitário – o equivalente a 83% do total do setor, entre 2003 e 2017. Os demais componentes do saneamento – gestão de

água e esgotos, drenagem e manejo de águas pluviais e resíduos sólidos – somaram menos de 20% do total investido. A alocação de recursos da União, no período de 2000 a 2018, contou com pelo menos R\$ 7,86 bilhões (já corrigidos pelo IGP-DI para dezembro de 2020), investidos em manejo e drenagem de águas pluviais urbanas pela União. Desse total, 87,34%, ou R\$ 6,87 bilhões, foram aplicados em ações de infraestrutura, ou seja, em obras físicas, sem uma precisa vinculação, metas ou indicadores no sentido de manejo sustentável ou de integração entre as políticas.

No âmbito dos titulares dos serviços, apenas quarenta municípios (ou seja, 1,1% da amostra de 3.653 do SNIS-AP) declararam possuir, em 2019, algum mecanismo de cobrança que sustente o sistema de águas pluviais. Este fato indica que a viabilização financeira de longo prazo continua fora do foco orçamentário e de regulação atuais de drenagem pluvial no Brasil, apesar de haver na legislação nacional boas diretrizes nesse sentido. As exceções que contemplam taxas e arrecadação específicas estão em cidades onde há possibilidade de arrecadação por fontes de fora dos sistemas de drenagem para serem alocadas neste componente.

Desse modo, retoma-se a pergunta anotada no título deste trabalho, sobre o que falta para o Brasil adotar sistemas sustentáveis de manejo e drenagem das águas. A primeira resposta destacada no texto é que há necessidade de se respeitar as leis, mudar o paradigma de apenas se livrar das águas da chuva e adotar medidas para aumentar a retenção e a infiltração natural da água nos próprios terrenos. Trata-se de conscientização e controle para combater os maus exemplos de impermeabilização de lotes, áreas de estacionamentos comerciais, escolas/universidades, órgãos públicos, praças esportivas, empresas e tantos outros, que jogam abaixo as águas da chuva, elevando riscos e encarecendo obras.

Além disso, é essencial que, paralelamente, haja maior foco, convergência alocativa e governança no tema com protagonismo do Estado, considerando-se as dificuldades estruturais que a grande maioria dos municípios enfrentam. Nesse sentido, a educação ambiental pode se somar às exigências de bons projetos e à fiscalização eficiente, tendo ambas um forte papel na difusão de conhecimentos e estímulo à adoção de novas práticas. Ela pode estimular avanços desde o sistema educacional até as escolhas das empresas, do setor público e da população, em campanhas sobre a necessidade de reduzir a impermeabilização dos terrenos, as vazões e a velocidade de escoamento das águas, favorecendo a infiltração local, reduzindo riscos e gastos futuros.

Tendo como foco as ações do governo federal, que foram o recorte principal do estudo, as medidas descritas a seguir podem ser apontadas, considerando a legislação e as políticas vigentes sobre o tema.

- Promover o debate em torno da drenagem pluvial sustentável – por exemplo, em evento trienal específico com os municípios ou em eventos de planejamento urbano.

TEXTO para DISCUSSÃO

- Gerenciar as carteiras de investimentos (União, estados e municípios) a partir de parâmetros de integração de políticas urbanas, saneamento básico e manejo das águas.
- Fazer um diagnóstico mais preciso da situação dos sistemas municipais de drenagem, classificando-os por prioridades, em conjunto com prefeituras e estados.
- Organizar um *benchmarking* (casos exemplares) com experiências do Brasil e de outros países.
- Considerar as bacias hidrográficas circundantes das cidades como referência central de planejamento, com atenção aos usos do solo, aos locais de riscos e às áreas de proteção.
- Aprimorar a descrição dos projetos apoiados pela União, trazendo mais dados sobre os investimentos e listando a que outros projetos eles estão integrados.
- Avançar no fomento à participação municipal no fornecimento de dados para as bases nacionais – dar sequência a projetos como o Acertar e o Sinisa (MDR).
- Ampliar os canais de capacitação dos tomadores de decisão, gestores e demais atores para gestão e projetos – em parcerias, por exemplo, com comitês de bacia hidrográfica, autarquias, instituições de pesquisa e organizações sociais.
- Elaborar e difundir critérios de priorização de investimentos não reembolsáveis para a mitigação do déficit de serviços de manejo e drenagem conforme as limitações municipais.
- Organizar e ampliar os indicadores de drenagem urbana sustentável alinhados ao Plansab e que possam ser aplicados às escalas regional e local.
- Priorizar iniciativas e projetos que protejam a vida humana – inclusive a construção de equipamentos urbanos e novas moradias para a população residente em locais de risco.

Para enfrentar a realidade do setor é também necessário um aprofundamento de estudos da criação de indicadores consistentes sobre quais fontes devem custear os investimentos a partir dos paradigmas baseados na natureza. Reconhecendo-se as limitações deste trabalho, é importante o aprofundamento em estudos acadêmicos sobre questões como: qual a situação de vulnerabilidade e de maior necessidade de adoção de modelos sustentáveis considerando-se o conjunto dos municípios? Que critérios devem ser seguidos para priorizar as alocações da União e estados, em apoio aos municípios, tendo em vista as ações sustentáveis, preventivas e de integração de políticas?

Uma vez que a legislação tem boas bases, com as exceções mencionadas, as ações coordenadas continuam sendo o desafio central. Uma oportunidade nesse sentido, em tese, é o fato de o MDR, atualmente, centralizar o planejamento e o orçamento das políticas de desenvolvimento regional, urbano, recursos hídricos e saneamento básico. Municípios e estados podem também aperfeiçoar a coordenação de instrumentos e instituições, no sentido de ações conjuntas. A partir desse esforço, o país tem a oportunidade de incentivar e direcionar ações sustentáveis, dado inclusive o grande conhecimento técnico acumulado nos órgãos públicos, na academia e no setor privado sobre a drenagem urbana sustentável. Os desastres presenciados em todas as regiões do Brasil, nos anos recentes, devem ser o alerta para a urgência da escolha por esse caminho.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M. S.; HELLER, L. **Saneamento básico no Brasil: perspectivas e a saúde nas cidades**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2021. (Texto para Discussão, n. 76).

ÁVILA, A. *et al.* Recent precipitation trends, flash floods and landslides in southern Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p. 114029, 2016.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 3, 8 jan. 2007.

_____. Ministério das Cidades. **Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais: programa 2040 – gestão de riscos e resposta a desastres**. Brasília: MCID; SNSA, 2012.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab**. Brasília: SNS; MDR, 2019.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais: programa 2218 – gestão de riscos e desastres**. Brasília: SNS; MDR, 2020a.

_____. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Ana) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrôpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 1, 16 jul. 2020b.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **4º diagnóstico de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. Brasília: SNS; MDR, 2020c.

BRASWELL, A. S.; ANDERSON, A. R.; HUNT, W. F. Hydrologic and water quality evaluation of a permeable pavement and biofiltration device in series. **Water**, v. 10, n. 1, p. 33, 2018.

BRESSY, A. *et al.* Efficiency of source control systems for reducing runoff pollutant loads: feedback on experimental catchments within Paris conurbation. **Water Research**, v. 57, p. 234-246, 2014.

BROWN, K.; MIJIC, D. A. **Integrating green and blue spaces into our cities**: making it happen. London: Grantham Institute; Imperial College, 2019. (Briefing Paper, n. 30).

BROWN, R. R.; FARRELLY, M. A. Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 839-846, 2009.

BROWN, R. R.; FARRELLY, M. A.; LOORBACH, D. A. Actors working the institutions in sustainability transitions: the case of Melbourne's stormwater management. **Global Environmental Change**, v. 23, p. 701-718, 2013.

BROWN, R. R.; KEATH, N.; WONG, T. H. F. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 5, p. 847-855, 2009.

CANÇADO, V.; NASCIMENTO, N.; CABRAL, J. Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais e princípios microeconômicos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 2, p. 15-25, 2006.

CHAPA, F.; PÉREZ, M.; HACK, J. Experimenting transition to sustainable urban drainage system: identifying constraints and unintended processes in a tropical highly urbanized watershed. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3554, 2020.

CHINA GATE. Bulletin of first national census for water. **China Gate**, 25 Aug. 2015. Disponível em: <http://en.chinagate.cn/2015-08/25/content_36410545_5.htm>.

CHRISTOFIDIS D.; ASSUMPÇÃO, R. F. S. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 94-108, 2019.

COLOMBELLI, K. **Serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas: avaliação do contexto brasileiro e da adaptabilidade de práticas norte-americanas para a proposição de melhorias institucionais e financeiras**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

CUNHA, A. P. M. A. *et al.* Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

DAVIS, M.; NAUMANN, S. Making the case for sustainable urban drainage systems as a nature-based solution to urban flooding. *In*: KABISCH, N. *et al.* (Ed.). **Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 123-137.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The impact of disasters and crises on agriculture and food security**: 2021. Rome: FAO, 2021.

FEO, G. de *et al.* The historical development of sewers worldwide. **Sustainability**, v. 6, n. 6, p. 3936-3974, 2014.

FERREIRA, S. A. Gestão das águas pluviais: um novo paradigma? **Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas**, Lisboa, n. 16, p. 58-63, 2020.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Índice Firjan de desenvolvimento municipal**. Rio de Janeiro: Publicações Firjan Pesquisas e Estudos Socioeconômicos, 2018. Disponível em: <https://firjan.com.br/data/files/67/A0/18/D6/CF834610C4FC8246F8A809C2/IFDM_2018.pdf>.

GHODSI, S. H. *et al.* Optimal design of low impact development practices in response to climate change. **Journal of Hydrology**, v. 580, 2020.

GRANGEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 417-434, abr. 2020.

HE, B. *et al.* Co-benefits approach: opportunities for implementing sponge city and urban heat island mitigation. **Land Use Policy**, v. 86, p. 147-157, 2019.

HOSSEINZADEHTALAEI, P.; TABARI, H.; WILLEMS, P. Climate change impact on short-duration extreme precipitation and intensity-duration-frequency curves over Europe. **Journal of Hydrology**, v. 590, p. 125249, 2020.

HOWARD, G. *et al.* Climate change and water and sanitation: likely impacts and emerging trends for action. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 41, n. 1, p. 253-276, 2016.

HUTTON, G.; HALLER, L.; BARTRAM, J. Global costs-benefit analysis of water supply and sanitation interventions. **Journal of Water and Health**, v. 5, n. 4, p. 481-502, 2007.

HWANG, S. W. Restoration of urban streams and transforming lifestyle patterns: two cases in Seoul, South Korea. **Journal of Architectural and Planning Research**, v. 32, n. 2, p. 131-144, 2015.

JAIN, C. K.; SINGH, S. Impact of climate change on the hydrological dynamics of River Ganga, India. **Journal of Water and Climate Change**, v. 11, n. 1, p. 274-290, 2018.

KONAPALA, G. *et al.* Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 3044, 2020.

KUWAJIMA, J. I. *et al.* **Saneamento no Brasil**: proposta de priorização do investimento público. Brasília: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2614).

LIAO, K. H.; DENG, S.; TAN, P. Y. Blue-Green infrastructure: new frontier for sustainable urban stormwater management. *In*: TAN, P. Y.; JIM, C. Y. (Ed.). **Greening cities**: forms and functions. Singapore: Springer Singapore, 2017. p. 203-226.

MANER, A. Public works in ancient Mesopotamia. **Civil Engineering**, v. 36, n. 7, p. 50-51, 1966.

MARENGO, J. A. *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31-44, set. 2015.

MARENGO, J. A. *et al.* Changing trends in rainfall extremes in the metropolitan area of São Paulo: causes and impacts. **Frontiers in Climate**, v. 2, p. 1-13, 2020.

MATOS, J. S. Aspectos históricos a actuais da evolução da drenagem de águas residuais em meio urbano. **Engenharia Civil**, n. 16, p. 13-23, 2003.

MENDES, A. T.; PORTELINHA, T. C. G.; PICANÇO, A. P. Panorama do saneamento no Tocantins: um estudo dos indicadores de prestação de serviço frente as metas previstas no Plansab. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 32., 2021, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Aesabesp, 2021.

MENDES, A. T.; SANTOS, G. R. dos. Infraestruturas sustentáveis no Brasil: oportunidades para o saneamento e políticas urbanas. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, n. 25, p. 27-38, 2021.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; BIANCHINI, L. Flood risk assessment and management: a case study in Rio de Janeiro. **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 13, p. 29-41, 2014.

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

MILANO, M. *et al.* Water supply basins of São Paulo metropolitan region: hydro-climatic characteristics of the 2013-2015 water crisis. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1517, 2018.

MINH, H. van; NGUYEN-VIET, H. Economic aspects of sanitation in developing countries. **Environmental Health Insights**, v. 5, p. 63-70, 2011.

NGUYEN, T. T. *et al.* A new model framework for sponge city implementation: emerging challenges and future developments. **Journal of Environmental Management**, v. 253, n. 1, 2020.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Urban stormwater management in the United States**. Washington: The National Academies Press, 2008.

PINHEIRO, C. B.; SANTOS, R. E. Trajetória da drenagem urbana no Brasil: uma perspectiva a partir da análise de políticas públicas recentes de Belo Horizonte. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal. **Anais...** [s.l.]: Enanpur, 2019.

PORSE, E. C. Stormwater governance and future cities. **Water**, v. 5, n. 1, p. 29-52, 2013.

PREJUÍZO com chuvas na Bahia sobe para R\$ 1,6 bi, segundo dados coletados pela CNM. **CNM**, 4 jan. 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/3GhjY2W>>.

QI, Y. *et al.* Addressing challenges of urban water management in Chinese sponge cities via nature-based solutions. **Water**, v. 12, n. 10, 2020.

RIGHETTO, A. M. (Coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: Abes, 2009. 396 p.

ROSEBORO, A. *et al.* The impacts of climate change and porous pavements on combined sewer overflows: a case study of the city of Buffalo, New York, USA. **Frontiers in Water**, v. 3, 2021.

SANTOS, G. D. R. N.; SANTOS, E. B. Análise das secas nas regiões Norte e Noroeste fluminense. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 1-10, 2020.

SANTOS, G. R.; KUWAJIMA, J. I.; SANTANA, A. S. **Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil: trajetórias, desafios e incertezas**. Brasília: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2587).

SANTOS, M. F. N.; ENOKIBARA, M. Infraestrutura verde: conceitos, tipologias e terminologia no Brasil. **Paisagem e Ambiente**, v. 32, n. 47, p. e174804-e174804, 2021.

SHAO, H. *et al.* Web of science-based green infrastructure: a bibliometric analysis in citespace. **Land**, v. 10, n. 7, p. 711, 2021.

SHIRU, M. S. *et al.* Challenges in water resources of Lagos mega city of Nigeria in the context of climate change. **Journal of Water and Climate Change**, v. 11, n. 4, p. 1067-1083, 2019.

SILVA, L. R. S. Monitoramento hidrometeorológico no Brasil: uma análise sob a ótica da coordenação de políticas públicas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, n. 1, 2021.

SILVEIRA, A. L. L. Hidrologia urbana no Brasil. *In*: BRAGA, B.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. (Ed.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. p. 22.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012.

SUI, X.; VEN, F. van de. Can the implementation of low impact development reduce basin runoff? **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, p. 1-24, 2021.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

_____. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: SNS; MDR, 2005.

_____. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: Cepal; Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 48).

UN-WATER – UNITED NATIONS WATER. **Climate change adaptation: the pivotal role of water**. Geneve: UN-Water, 2010.

_____. **Nature-based solutions for water**. Paris: Unesco, 2018.

_____. **Climate change and water**. Geneve: UN-Water, 2019.

VOLSCHAN, I. *et al.* Sistema unitário x sistema separador absoluto: qual o mais atraente para as condições brasileiras? **Revista DAE**, v. 2009, n. 180, p. 40-43, 2009.

WANG, S. W. Restoration of urban streams and transforming lifestyle patterns: two cases in Seoul, South Korea. **Journal of Architectural and Planning Research**, v. 32, n. 2, p. 131-144, 2015.

WEBSTER, C. The sewers of Mohenjo-Daro. **Water Pollution Control Federation**, v. 34, n. 2, p. 116-123, 1962.

WEITMAN, D.; WEINBERG, A.; GOO, R. Reducing stormwater costs through LID strategies and practices. *In*: SHE, N.; CHAR, M. (Ed.). **Low impact development for urban ecosystem and habitat protection**. Washington: American Society of Civil Engineers, 2008. p. 1-10.

WILBANKS, T. J.; FERNANDEZ, S. (Ed.). **Climate change and infrastructure, urban systems, and vulnerabilities**. Washington: Island Press, 2014. 88 p.

WMO – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)**. Geneve: WMO, 2021.

WOLF, J.; WOOLF, D.; BRICHENO, L. Impacts of climate change on storms and waves relevant to the coastal and marine environment around the UK. **Marine Climate Change Impacts Partnership**, v. 2020, p. 132-157, 2020.

WORLD BANK. **Case studies**: Seoul. Washington: World Bank, 2015. Disponível em: <<https://urban-regeneration.worldbank.org/Seoul>>.

WU, J.; WU, X.; ZHANG, J. Development trend and frontier of stormwater management (1980-2019): a bibliometric overview based on citespace. **Water**, v. 11, n. 9, p. 1908, 2019.

YANG, W. *et al.* Measuring performance of low impact development practices for the surface runoff management. **Environmental Science and Ecotechnology**, v. 1, p. 100010, 2020.

ZAHMATKESH, Z. *et al.* Analysis of the effects of climate change on urban storm water runoff using statistically downscaled precipitation data and a change factor approach. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 20, n. 7, 2015.

ZANGO, B. S. *et al.* Impacts of urbanization and climate change on water quantity and quality in the Carp River watershed. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 2, p. 786-816, 2021.

ZEVENBERGEN, C.; FU, D.; PATHIRANA, A. Transitioning to sponge cities: challenges and opportunities to address urban water problems in China. **Water**, v. 10, n. 9, p. 1230, 2018.

ZHAO, G.; MENG, D. Z. Research progress of low impact development technology. **Earth and Environmental Science**, v. 474, p. 052033, 2020.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Lis Silva Hall

Mariana Silva de Lima

Marlon Magno Abreu de Carvalho

Vivian Barros Volotão Santos

Débora Mello Lopes (estagiária)

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Mayara Barros da Mota

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

