21 a 22 agosto 2025
CAMPINAS
VALENCIA
19 a 20 junho 2025
XVII SIIU
Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo
DOI: 10.5821/siiu.14427

MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES E ADAPTAÇÃO

A infraestrutura verde como aliada na gestão integrada de recursos hídricos

PETRI JUNIOR, João Claudio[1]
DO AMARAL MELLO BONATTO, Daniella [2]

Abstract
The flood risk in cities has increased in recent years and its effects have been devastating. Green infrastructure offers alternatives for rainwater drainage that can reduce susceptibility to these floods. The aim of this article is to discuss Green Infrastructure as a way of mitigating flooding in urban areas and adapting to greater resilience, adding an analysis of its approach in the Integrated Water Resources Plan (PIRH) for the Rio Doce basin. The results show that the Doce basin has 365 stretches with some index of vulnerability to flooding, with 628 flood episodes between 2000 and 2019. The current PIRH presents four programs and 12 actions that are related to the theme of this study, out of a total of 62 actions. A weak relationship was observed in the PIRH regarding the use of green infrastructure as an aid in the development of guidelines.

Keywords: *flooding, green infrastructure, Integrated Water Resources Management, climate change.*

Resumo
O risco de inundações em cidades tem aumentado nos últimos anos e seus efeitos têm sido devastadores. A infraestrutura verde possui alternativas de drenagem de águas pluviais capazes de reduzir a suscetibilidade a essas inundações. O objetivo deste artigo é discutir a Infraestrutura Verde como forma de mitigação das inundações em áreas urbanas e de adaptação para maior resiliência, agregando-se a análise de sua abordagem no Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH) da bacia do Rio Doce. Os resultados mostram que a bacia do Doce apresenta 365 trechos com algum índice de vulnerabilidade a inundações, apresentando 628 episódios de cheias entre 2000 e 2019. O PIRH atual apresenta quatro programas e 12 ações que fazem relação com a temática deste estudo, de um total de 62 ações. Observou-se no PIRH uma relação frágil do uso de infraestrutura verde como auxílio na elaboração de diretrizes.

Palavras-chave: *inundação, infraestrutura verde, Gestão Integrada de Recursos Hídricos, mudanças climáticas.*

[1] Grupo de Pesquisa Reabilitação Urbana e Ambiental, Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP), Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, Brasil, ORCID 0009-0008-8656-3598, e-mail petri_junior@hotmail.com.

[2] Grupo de Pesquisa Reabilitação Urbana e Ambiental, Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP), Docente do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Docente Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, Brasil, ORCID 0000-0003-1547-3014, e-mail daniella.bonatto@ufes.br.

Área temática: *Território.*

Subárea temática: *Desastres ambientais: vulnerabilidade social, ambiental e estratégias de gestão de riscos.*

1. Introdução

O risco de inundações em áreas urbanas tem aumentado nos últimos anos, com efeitos devastadores. As inundações ocorrem quando o volume de água excede a capacidade de escoamento dos corpos hídricos e se estende para áreas ocupadas pela população (Tucci, 2004). Esse risco é intensificado por fatores como mudanças climáticas, planejamento urbano inadequado, insuficiência dos sistemas tradicionais de drenagem e o aumento do volume de precipitação (Araújo, 2019). A expansão urbana, a remoção da vegetação e a impermeabilização do solo devido à drenagem artificial agravam o problema, aumentando a vazão e reduzindo a recarga hídrica subterrânea (Berrêdo e Bonatto, 2019; IPCC, 2023). Como consequência, há maior escoamento superficial, menor vazão de base e redução do tempo de concentração da bacia (Miguez, Veról e Rezende, 2015).

A integração entre infraestrutura de drenagem tradicional (cinza) e infraestrutura verde (IV) em sistemas híbridos melhora a eficácia e a resiliência da drenagem urbana (Alves *et al.* 2019). Além de oferecer uma alternativa sustentável, a IV favorece a integração entre natureza e cidade, promovendo uma abordagem sinérgica entre planejamento urbano e ambiental (Bonatto, 2015). Dessa forma, desempenha papel tanto na mitigação quanto na adaptação às inundações.

A regulação do ciclo hidrológico em bacias urbanas é essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas, especialmente o aumento do escoamento superficial decorrente da urbanização. A IV, aliada à Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), apresenta alto potencial para enfrentar eventos de inundação (Zhu *et al.*, 2019). Ao incorporar estratégias baseadas na IV, as cidades tornam-se mais adaptáveis a volumes hídricos elevados, aumentando sua resiliência frente a eventos extremos.

2. Objetivo

O objetivo deste artigo é discutir a Infraestrutura Verde como forma de mitigação das inundações em áreas urbanas e de adaptação para maior resiliência, agregando-se a análise de sua abordagem no Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH) da bacia do Rio Doce.

3. Desenvolvimento da pesquisa

Este trabalho relaciona IV e GIRH como forma de mitigação de inundações e de adaptação. Para tanto, foram analisados a bacia do Rio Doce e o seu Plano Integrado de Recursos Hídricos como estudo de caso. Em seguida, foram analisados instrumentos legais de planejamento que se relacionam com a temática do artigo: Política Federal de Saneamento Básico, Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional sobre Mudança do Clima e Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, com vistas a identificar confluência com a IV.

4. Infraestrutura Verde na Gestão integrada de Recursos Hídricos

Os cursos hídricos não respeitam fronteiras administrativas ou políticas, a melhor forma de gerenciar os recursos hídricos é por meio de cooperação entre os municípios, estados ou países pertencentes à bacia hidrográfica (ICPDR, 2025).

A GIRH é um caminho para auxiliar a gestão urbana e de bacias hidrográficas e implica em gestão que integra desenvolvimento social, econômico, proteção de ecossistemas naturais e uso da terra e da água considerando a precipitação, ciclo da água e conservação das fontes. Sua implementação deve ser realizada com auxílio de planos e diretrizes ao nível da bacia hidrográfica ou de sub-bacia (WMO, 1992; Medema, Mcintosh e Jeffrey, 2008).

A gestão integrada pensada de uma maneira sustentável precisa buscar o equilíbrio entre a legislação e um programa de investimento que promova a sustentabilidade na gestão das inundações e outros componentes das águas urbanas (Tucci, 2004). Em um cenário urbano, a IV propõe alternativas capazes de reduzir a suscetibilidade de uma comunidade a inundações (Benedict e McMahon, 2006) e

colaboram para aumentar a resiliência, bem como a qualidade urbana e ambiental (Bonatto, 2019; Bonatto e Gava, 2022).

A Infraestrutura verde pode ser entendida como uma “rede interconectada de áreas naturais e outros espaços abertos que conservam os valores e funções do ecossistema natural, sustentam o ar e a água limpos e fornecem uma ampla gama de benefícios para as pessoas e a vida selvagem” (Benedict e McMahon, 2006, p. 1).

Os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/97, e representam importantes ferramentas para a gestão das águas (Brasil, 1997). Incluir a IV nos planos e políticas contribui para a promoção da sustentabilidade na drenagem urbana (Benedict e McMahon, 2006).

5. Resultados e discussões

O planejamento e monitoramento da bacia hidrográfica do Rio Doce avançaram desde a criação do comitê de bacia em 2002, que foi responsável pela criação do PIRH em 2010, revisado em 2023. O último levantamento mostrou que a bacia do Rio Doce sofre constantemente com inundações, tendo apresentado, entre 2000 e 2019, 628 episódios de cheias, com danos e prejuízos estimados em 286.5 trilhões de reais (ANA, 2023).

5.1. Bacia hidrográfica do Rio Doce

O Rio Doce nasce na região das serras da Mantiqueira e do Espinhaço (MG) e percorre 850 km até sua foz em Linhares/ES. Conforme Figura 1, apresenta uma área de drenagem de 86.226,9 km², 86% pertencendo a MG e 14% ao ES (ANA, 2021a).

A Bacia do Rio Doce abriga 3,7 milhões de habitantes (IBGE, 2022), distribuídos em 228 municípios (200 em MG e 28 no ES) e dividida em nove unidades de gestão, sendo seis em MG e três no ES (Figura 1 e Tabela 1). A UA7, no ES, inclui as bacias dos Rios Guandu, Santa Joana e Santa Maria do Doce.

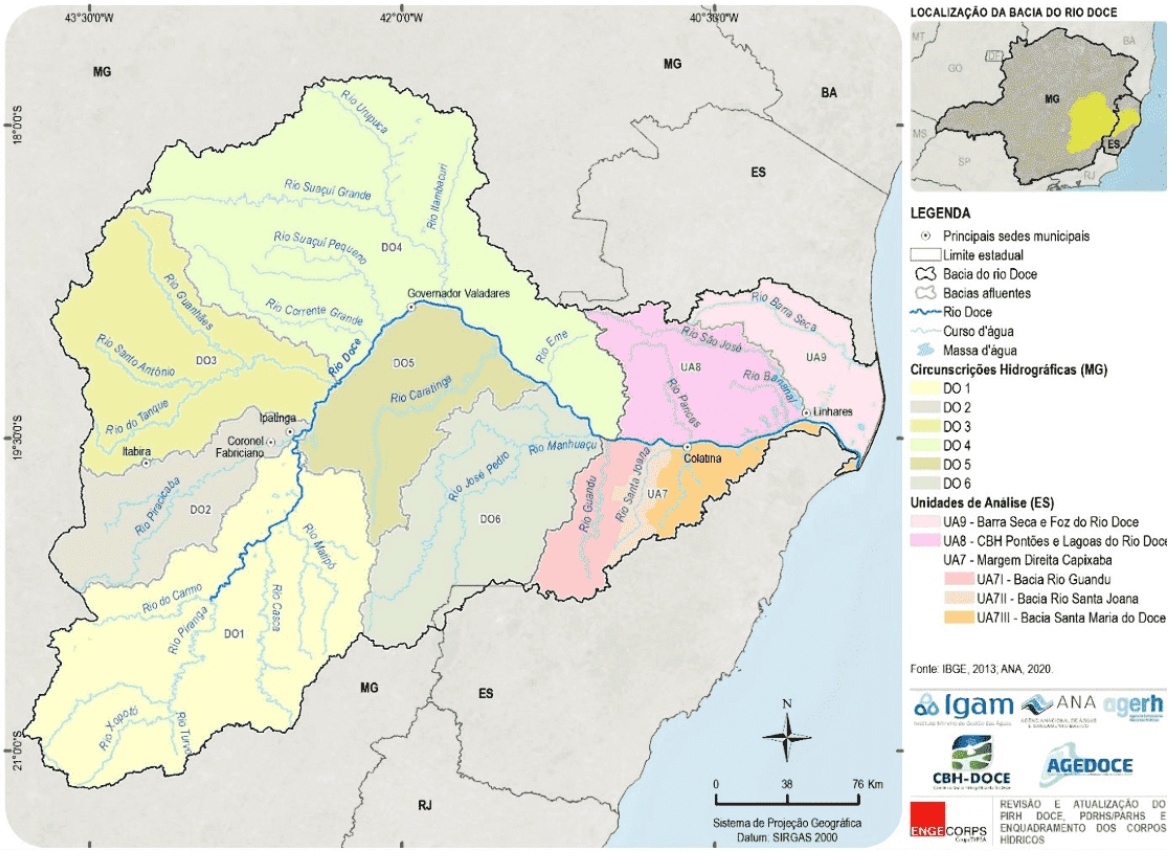

Fig. 1 *Bacia hidrográfica do rio Doce.* Fonte: IBGE, 2013; FIRJAN, 2018; ANA, 2020

Tabela 1. *Municípios da bacia do rio Doce.* Fonte: IBGE, 2013

Circunscrição Hidrográfica/ Unidade de Análise	*Municípios com Área Total na Bacia Afluente*	*Municípios com Área Parcial na Bacia Afluente*		*Nº Total de Sedes na Bacia Afluente*
		Sede na Bacia Afluente	*Sede Fora da Bacia Afluente*	
DO1 - Piranga	54	8	1	62
DO2 - Piracicaba	11	6	4	17
DO3 - Santo Antônio	17	6	6	23
DO4 - Suaçuí	34	8	6	42
DO5 - Caratinga	21	4	3	25
DO6 - Manhuaçu	17	5	6	22
UA7 – Margem Direita Capixaba	4	4	8	8
UA7I – Guandu	2	2	2	4
UA7II – Santa Joana	1	1	2	2
UA7III – Santa Maria do Doce	1	1	4	2
UA8 - Pontões e Lagoas do Rio Doce	7	2	5	9
UA9 – Barra Seca e Foz do Rio Doce	0	3	4	3

A localização das cidades ao longo da planície de inundação do Rio Doce, aliada à urbanização, ao mau uso do solo e ao desmatamento, aumenta a velocidade das águas pluviais favorecendo a ocorrência de eventos de cheias, especialmente entre dezembro e fevereiro (ANA, 2021a).

O Atlas de Vulnerabilidade a Inundações no Brasil, criado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para identificar a ocorrência e os impactos das inundações, identificou, na bacia do Doce, 365 trechos com algum índice de vulnerabilidade a inundações (Figura 2), sendo 173 (47,4%) como “Alta”, 124 (34%) como “Média” e 68 (18,6%) como “Baixa” (ANA, 2014).

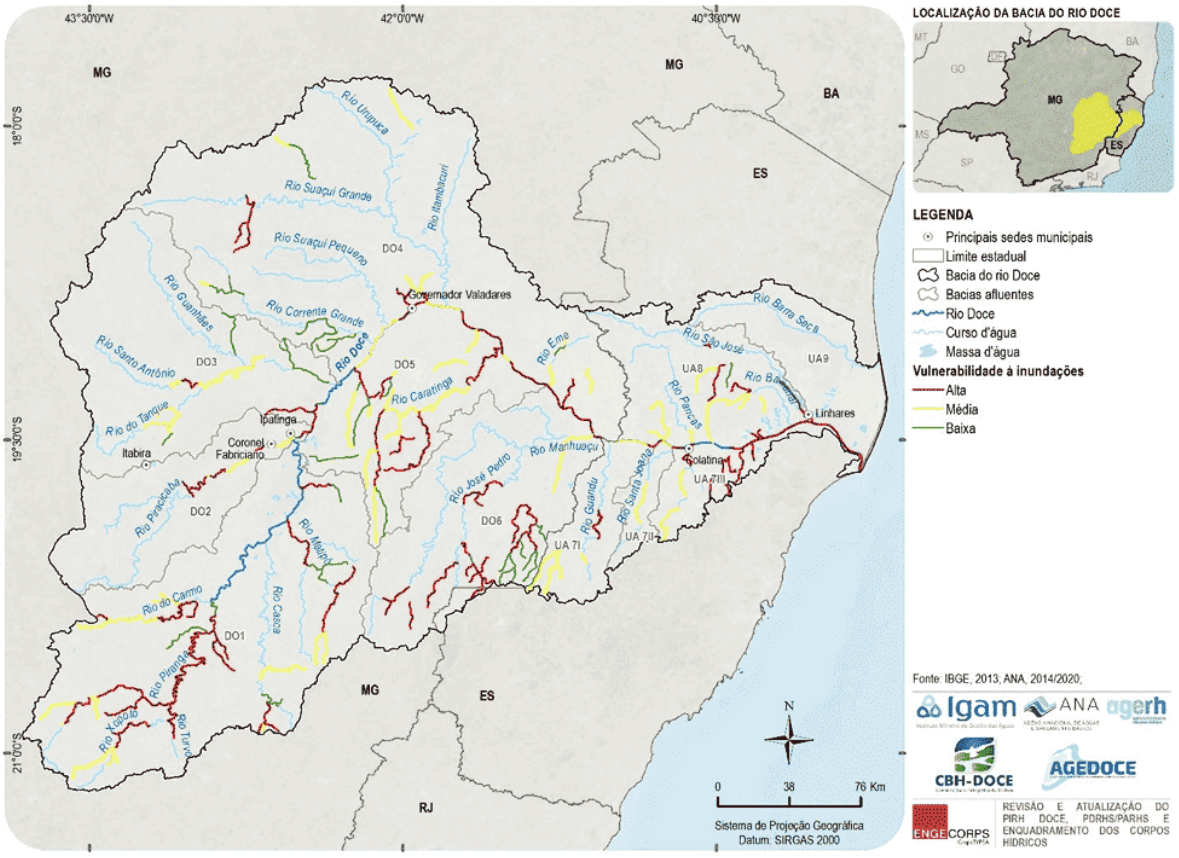

Fig. 2 *Índice de Vulnerabilidade a Inundações – bacia do rio Doce.* Fonte: ANA, 2014

A vulnerabilidade a inundações é potencializada por fatores como: densidade populacional, distribuição de renda, infraestrutura, falta de planejamento, uso e ocupação do solo e a percepção do risco. É importante ressaltar que a população que reside em áreas ocupadas às margens de rios em condições precárias são as mais vulneráveis a eventos de inundações e desmoronamentos (ANA, 2021a).

5.2. O Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia do Rio Doce (PIRH Doce)

O primeiro PIRH Doce foi concluído em 2010 e instituiu as principais diretrizes e ações para a bacia, para 20 anos. Após o rompimento da barragem em Mariana/MG (novembro de 2015), a realidade da bacia do Doce, retratada pelo plano de 2010, foi alterada. Considerando o novo cenário, o PIRH passou por uma revisão entre 2021 e 2023, com novo horizonte temporal – 2042 (CBH Doce, 2024).

O PIRH Doce atual é dividido em oito produtos (Tabela 2), analisados neste trabalho com o olhar direcionado para pontos que abordassem a IV como forma de contribuir com a mitigação de inundações na bacia e adaptação urbana.

Tabela 2. *Produtos do PIRH Doce atualizado.* Fonte: ANA, 2023

PRODUTO	TÍTULO
Produto 1	Plano de Trabalho
Produto 2	Manual Operativo Preliminar
Produto 3	Consolidação do estado da arte sobre a situação e a gestão de recursos hídricos na bacia
Produto 4	Prognóstico e Alternativas de Enquadramento
Produto 5	Plano de ações
Produto 6	Propostas de Enquadramento dos Corpos de Água (parte 1 e 2)
Produto 7	Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce
Produto 8	Manual Operativo Consolidado

O PIRH Doce atual traz um diagnóstico e um prognóstico da bacia, pontua e avalia as ações que foram feitas no plano anterior, apresenta o estado da arte caracterizando a bacia, propõe o enquadramento dos corpos hídricos em classes de usos e lista os programas e ações atualizados em seus produtos (ANA, 2023).

A análise dos oito produtos permitiu observar que o PIRH Doce aborda temas relevantes para a temática deste estudo, como: a influência das mudanças climáticas em eventos extremos (secas e cheias), a importância da abordagem da drenagem urbana nos Planos de Saneamento Básico, a importância da medição pluviométrica e fluviométrica, a conservação de áreas legalmente protegidas, processo participativo e o monitoramento da bacia. O termo Infraestrutura Verde não foi encontrado nos produtos do PIRH, portanto, foram analisadas diretrizes e ações correlatas ao conceito

As Soluções Baseadas na Natureza, conceito importante para a temática, foi trazida pelo PIRH, que evidenciou sua importância na conservação e recuperação da vegetação nativa para o aumento da infiltração da água de chuva e alimentação dos lençóis freáticos e aquíferos, auxiliando na restauração do ciclo hidrológico e adaptação às mudanças climáticas (ANA, 2021b).

A atualização do PIRH criou 62 ações divididas em 17 programas voltados à gestão, monitoramento e conservação dos recursos hídricos, incluindo combate à poluição, saneamento e mitigação de eventos críticos. Após análise dos documentos foi possível encontrar 12 ações divididas em quatro programas (Tabela 3) vinculados com a temática deste trabalho.

As ações 7.1.1, 8.2.3, 8.3.1 e 8.3.2 foram consideradas por abordarem a temática de cheias na bacia. Elas trazem propostas de monitoramento fluviométrico, monitoramento via satélite, ações e planos de gerenciamento de risco, que são importantes mecanismos para o controle de cheias. Outras ações (8.1.1, 8.2.1 e 8.2.2) trazem a criação e manutenção de planos, obras e estruturas, mas não especificam quais abordagens seriam utilizadas, o que permitiria a inclusão da IV nesse processo.

A ação 11.1.1 propõe a capacitação e educação ambiental. Esse é o momento de contato entre os técnicos e a população por meio de reuniões e oficinas. É o momento em que a participação popular é colocada no cenário de forma a receber capacitação técnica ambiental e como forma de opinar e fiscalizar as ações.

As ações do programa 16 merecem destaque, pois foram as únicas que de fato abordaram o conceito de IV, como a iniciativa RIO VIVO e o incentivo por meio de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Tabela 3. *Programas, subprogramas e ações do PIRH Doce atualizado.* Fonte: ANA, 2021c

PROGRAMA	SUBPROGRAMA	AÇÃO
7- Monitoramento Hidrometeorológico	7.1- Aperfeiçoamento do monitoramento fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade das águas	7.1.1- Aprimorar o monitoramento fluviométrico e de qualidade de água na bacia do rio Doce
8- Segurança hídrica e eventos críticos	8.1- Convivência com as estiagens	8.1.1- Desenvolver estudos, planos, projetos ou obras para implantação, expansão ou adequação de estruturas hidráulicas para aumento da segurança hídrica, principalmente para sistemas de abastecimento público
	8.2- Convivência com as cheias	8.2.1- Desenvolver estudo para modelagem de cheias na bacia e apresentar proposta de ações de preparo e minimização dos efeitos na bacia
		8.2.2- Implementar ações resultantes do estudo de modelagem de cheias na bacia
		8.2.3- Implementar monitoramento via satélite de recursos hídricos pela sala de situação
	8.3- Gerenciamento de riscos na bacia	8.3.1- Elaborar plano de gerenciamento de riscos com foco em estiagens e cheias extremas
		8.3.2- Implementar ações do Plano de Gerenciamento de Riscos
11- Comunicação, mobilização social, educação e capacitação técnica	11.1- Planejamento e implementação de ações de capacitação e educação ambiental para a bacia	11.1.1- Elaborar o planejamento de atividades de capacitação e educação ambiental e implementar ao longo do horizonte do Plano
16- Proteção e conservação dos recursos hídricos	16.1- Iniciativa RIO VIVO	16.1.1- Dar andamento à implementação das ações da Iniciativa Rio Vivo
		16.1.2- Acompanhar as ações em desenvolvimento pela Iniciativa RIO VIVO e verificar seus resultados para a bacia
	16.2- Implementação de Projetos de Pagamento por Serviços Ambientais e infraestruturas complementares	16.2.1- Implementar as ações da Iniciativa Rio Vivo, integradas com o pagamento por serviços ambientais (PSA)
		16.2.2- Acompanhar as ações de PSA em desenvolvimento e verificar seus resultados para a bacia

A iniciativa RIO VIVO foi criada em 2015 pelos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio Doce e visa a recuperação de nascentes, promoção de melhoria do saneamento rural e redução da geração de sedimentos. Para recuperação de nascentes foi proposta a recomposição de Áreas de Preservação Permanente e o cercamento de nascentes, sendo previsto contemplar um total de 5.216 nascentes.

Essas ações visam aumento de vazões mínimas, melhoria da qualidade ambiental, aumento da mata ciliar e aumento da disponibilidade de água. As atividades de controle da geração de sedimentos visam o aumento da capacidade de infiltração de água no solo e diminuição da velocidade das enxurradas. Apesar de o objetivo ser o controle de geração de sedimentos, a infiltração e diminuição da velocidade de águas superficiais são mecanismos fundamentais para a mitigação de inundações e podem ser alcançadas com o uso de tipologias de IV.

O programa PSA objetiva promover ações de conservação da água e solo para a melhoria da disponibilidade de água. O programa é destinado a áreas rurais, onde práticas de conservação e melhoria da cobertura vegetal contribuem para a diminuição da erosão e o aumento da infiltração de água.

5.3. Os instrumentos legais de planejamento e a Infraestrutura Verde

Os instrumentos de planejamento foram analisados com o objetivo de averiguar a menção à IV e abordagens afins, bem como à GIRH como forma de mitigar inundações. Os instrumentos são importantes pois definem diretrizes, objetivos, metas e planos, possibilitando maior eficácia no desenvolvimento das ações.

5.3.1 Política Nacional de Recursos Hídricos

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997) estabelece diretrizes que ressaltam a necessidade da GIRH. A lei define a bacia hidrográfica como unidade territorial para o Plano Nacional de Recursos Hídricos (Art. 1º, V) e inclui, dentre seus objetivos, a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, além do incentivo à captação e aproveitamento de águas pluviais (Art. 2º) (Brasil, 1997).

Nas diretrizes, é proposta a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental (Art. 3º, III) e reforçada a integração das políticas locais, estaduais e federais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente (Art. 31) (Brasil, 1997).

A Política Nacional de Recursos Hídricos não aborda explicitamente práticas alternativas e sustentáveis para GIRH, exceto pelo incentivo à captação de águas pluviais (Brasil, 1997). Contudo, seus dispositivos permitem a adoção da IV e outras alternativas não convencionais como auxílio à drenagem convencional.

5.3.2 Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)

A PNMC (Lei 12.187/2009) estabelece seus princípios, objetivos e diretrizes e define que o desenvolvimento sustentável é a condição para enfrentar as alterações climáticas e atender às necessidades das populações (Art. 3º, IV) (Brasil, 2009).

O Art. 4º orienta a preservação dos recursos ambientais, com atenção aos biomas naturais (inciso VI) e defende a expansão das áreas legalmente protegidas e a recomposição de áreas degradadas (inciso VII). Os objetivos da PNMC devem estar em consonância com o desenvolvimento sustentável e buscar o crescimento econômico, erradicação da pobreza e a redução das desigualdades (Brasil, 2009).

A PNMC não menciona a GIRH nem apresenta relação direta com recursos hídricos. Porém, estabelece direcionamentos vinculados ao desenvolvimento sustentável e à preservação e expansão de áreas naturais, alinhadas à IV e à drenagem sustentável. O Plano Nacional sobre Mudança do Clima foi criado em 2008 e atualmente passa por revisão.

5.3.3 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC)

A PNPDEC foi instituída pela Lei 12.608/2012, mas o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil ainda se encontra em construção. A PNPDEC afirma que ela deve integrar-se a políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, infraestrutura e outros, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2012).

A PNPDEC adotou a bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água (Art. 4º, IV). Dentre seus objetivos, destaca-se: o estímulo ao desenvolvimento de cidades resilientes e processos sustentáveis de urbanização e o estímulo ao ordenamento da ocupação do solo rural e urbano tendo em vista a conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana (Art. 5º) (Brasil, 2012).

A PNPDEC não aborda explicitamente a IV, mas determina que medidas de redução de risco deverão ser criadas em municípios que apresentam ocupação em áreas de risco de inundação ou outros desastres naturais (Art. 3º-B). Também determina que o Plano Diretor Municipal inclua medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e mitigação de desastres (Art. 42-A, IV) (Brasil, 2012).

5.3.4 Política Federal de Saneamento Básico

A Política Federal de Saneamento Básico foi instituída pela Lei 11.445/2007 e atualizada pela Lei 14.026/2020 visando aprimorar as condições estruturais do setor. A lei diz que os serviços de saneamento básico devem promover o atendimento pleno observando os princípios da segurança (Art. 4º-, I). O texto traz apenas o município como entidade representativa, reguladora e fiscalizadora, e, curiosamente, não considera a unidade de bacia hidrográfica como recorte territorial de apoio na tomada de decisões (Art. 4º-A) (Brasil, 2020).

A Lei estabelece que a drenagem das águas pluviais deve atuar na detenção e retenção para o amortecimento de vazões de cheias (Art. 3º, I). Ao longo do texto é pontuado o incentivo ao aproveitamento de águas de chuva, além do tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas (Brasil, 2020).

A infraestrutura de rede deve ser disponibilizada até às edificações e unidades imobiliárias (Art. 18-A) (Brasil, 2020). Portanto, a infraestrutura de drenagem não pode ser calculada apenas nas unidades imediatas, sendo importante planejar a rede pensando em uma futura expansão urbana para evitar seu colapso.

5.4. Diretrizes

A partir da análise do PIRH e dos instrumentos legais de planejamento, foram criadas diretrizes com base nas tipologias de IV e em projetos que utilizaram a IV e que podem contribuir com a criação de novas ações para a mitigação de eventos de inundações. As diretrizes são pontuadas a seguir:

– Práticas agrícolas sustentáveis: Integrar à grandes áreas rurais, como pastagens, melhorias ecológicas como plantio de árvores, armazenamento de águas de enchente e o envolvimento com a comunidade local para a produção de alimentos. Exemplo: Balne Lane Fields Project, Wakefield, Reino Unido (UNA, 2020).

– Prevenção de novos riscos: O desenvolvimento e construções de áreas urbanas, rurais e industriais devem considerar requisitos para prevenir e não aumentar o risco de inundações. O mapeamento de áreas de risco é essencial para a prevenção. Exemplo: Gestão Integrada do Rio Danúbio, Europa (ICPDR, 2025).

– Restauração ribeirinha: Melhorar as condições do habitat e a estabilidade do rio por meio de revegetação, construção de valas de infiltração, implementação de zonas húmidas e plantio de árvores com foco em agroflorestas. Exemplo: Ecosystem-based Adaptation in Xalapa, México (UNA, 2020).

– Espaços públicos verdes: Utilizar esses espaços para aumentar a infiltração e diminuir a velocidade do escoamento das águas pluviais. Criação de corredores de drenagem natural, aumento das superfícies permeáveis com valas biológicas, pavimentação permeável, jardins de chuva e plantio de árvores auxiliam nesse processo. Exemplo: Plano de adaptação do Canal Mekong, Savannakhet, Laos (UNA, 2020).

– Conexão verde: Aumentar os espaços vegetados visando melhorar a conexão entre as áreas verdes urbanas e rurais. Os corredores verdes auxiliam no sistema de drenagem sustentável, promovem adaptação às mudanças climáticas e o aumento da biodiversidade. Exemplo: Bernetal Green Corridor, Essen, Alemanha (UNA, 2020).

– Restauração do rio: Limpeza do rio, melhoria da qualidade da água, revegetação da margem, medidas de prevenção de inundação e criação de áreas recreativas com o intuito de estabelecer uma conexão entre a população e o rio. Exemplo: Aarhus River Project, Arhus, Dinamarca (UNA, 2020).

– GIRH e Planejamento Urbano: Desenvolver estratégias coordenadas de planejamento e projeto urbano e gestão hídrica, orientadas pelos serviços ecossistêmicos que a IV presta. Exemplo: a cidade de Portland, EUA (UNA, 2020).

6. Conclusões

Apesar da atualização detalhada, não foi possível observar nas ações do PIRH uma evidência forte de um olhar mais amplo e com a necessária conexão com a IV. Observou-se um levantamento relevante para a construção do plano, mas no momento de pontuar as ações, temáticas como mudanças climáticas, redução do risco de desastre e alternativas sustentáveis não foram exploradas como necessário. Por outro lado, as ações do programa 16 merecem reconhecimento pela abordagem e uso de propostas sustentáveis em suas ações.

Apesar do avanço do planejamento (criação e atualização do PIRH) e o monitoramento, é possível observar no PIRH uma relação frágil do uso de infraestrutura verde como auxílio na elaboração de diretrizes. Também foi possível observar o uso pontual e escasso da infraestrutura verde nos instrumentos legais de planejamento, que pode ser refletido na criação dos planos. Dessa forma, perde-se um importante e necessário meio de mitigação de eventos de inundação.

Como limitações, este estudo não pode contemplar a busca de casos exemplares de gestão hídrica integrada e conectada com os princípios da IV, por se tratar de pesquisa ainda em andamento. Neste sentido, pesquisa futura pode levantar documentos legais municipais brasileiros e internacionais, bem como pesquisar e analisar bons exemplos de efetiva gestão integrada.

7. Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

8. Referências

ALVES, A. et al. (2019). Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Environmental Management*, *239*, 244–254.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2023). *Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce:* Sumário executivo.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2014). *Atlas de Vulnerabilidade a Inundações*. Brasília.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021a). *Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce: Revisão e Atualização do PIRH Doce e Propostas de Enquadramento*.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021b). *Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce: Prognóstico e Alternativas de Enquadramento*.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021c). *Revisão e Atualização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce: Atualização do Plano de Ações do PIRH Doce e Priorização*.

ARAÚJO, A. S. (2019). Análise e proposição de medidas sustentáveis em drenagem urbana na região do Lago Norte – DF por meio de modelagem hidrológica-hidráulica. In: *Anais XXIII SBRH*. Foz do Iguaçu-PR.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON. E. T. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscape and Communities*. Washington: Island Press.

BERRÊDO, E. D. de; BONATTO, D. A. M. (2019). Desafios e possibilidades para as águas urbanas nas cidades contemporâneas: a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para o desenvolvimento e a reabilitação urbana e ambiental. In: *Anais XVIII ENANPUR*. Natal-RN, Brasil.

BONATTO, D. A. M.; GAVA, J. (2022). Criação de áreas verdes públicas de lazer e sua conexão por corredores verdes urbanos: análises socioespaciais como subsídio para uma maior equidade na oferta em Vitória-ES. *Paisagens híbridas, 2*(1).

BONATTO, D. A. M. (2019). Infraestrutura Verde: contribuição para o planejamento urbano e regional. In: MARTINS, B. C. (Org.) *Melhores Práticas em Planejamento Urbano e Regional*. Belo Horizonte: Atena, 348-360.

BONATTO, Daniella do A. M. (2015). Infraestrutura verde – estratégia para regeneração de espaços livres e qualidade do ambiente construído. In: *Anais EURO ELECS*, *3*. 2097-2106.

BRASIL. (2020). Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal de saneamento básico e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.

BRASIL. (2012). Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.

BRASIL. (2009). Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.

BRASIL. (1997). Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*.

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Doce. (2024). *Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce*. Disponível em: https://www.cbhdoce.org.br/pirh-parh-pap/pirh.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Censo Brasileiro de 2022*. Rio de Janeiro: IBGE.

ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River. *Flood Risk Management.* 2025. Disponível em: https://www.icpdr.org/tasks-topics/tasks/flood-risk-management/flood-action-plans. (Acesso: 03/04/2025).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III. Geneva, Switzerland.

MEDEMA, W.; MCINTOSH B. S.; JEFFREY, P. J. (2008). From premise to practice: A critical assessment of Integrated Water Resources Management and adaptive management approaches in the Water Sector. *Ecology and Society*, *13*(2), 29.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. (2015). *Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. 1ª ed. Rio de Janeiro: GEN LTC.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. (Acesso: 25/05/2025).

TUCCI, C. E. M. (2004). Gerenciamento Integrado das inundações urbanas no Brasil. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, Santiago *1*(1).

UNA – Urban Nature Atlas. (2020). Disponível em: https://una.city/front-search/ecological_domains_tid/22. (Acesso: 25/05/2025).

WMO – World Meteorological Organization. (1992). *The Dublin Statement on Water and Sustainable*.

ZHU, Z.; et al. (2019). An assessment of the hydrologic effectiveness of low impact development (LID) practices for managing runoff with different objectives. *Environmental Management*, *231*, 504-214.