

DIAGNÓSTICO DE MUNICÍPIOS DA BACIA DO RIO DOS SINOS QUE UTILIZAM MEDIDAS LID COMO FORMA DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

André Rafael Weyermüller*
Andréa Diana Oberherr**
Luciane Wagner Molter***

Resumo: As mudanças climáticas não são mais estimativas para o futuro, mas sim, a realidade do presente. Eventos climáticos extremos tornam-se cada vez mais constantes, com consequências humanas e econômicas profundas. A tragédia ambiental de maio de 2024, no Rio Grande do Sul, expôs pessoas e comunidades a vulnerabilidades, a cheias e alagamentos, em grande parte dos municípios gaúchos, e à necessidade de adaptações. O objetivo da pesquisa é avaliar a legislação de 19 municípios que apresentam, pelo menos, 50% de seu território dentro da Bacia do Rio dos Sinos e que tenham a previsão de medidas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) em sua legislação, para viabilizar projetos que as caracterizem como cidades esponjas. Com este estudo, constata-se que poucos são os municípios que possuem essa previsão, o que leva à necessidade de ajustes na legislação para mais cidades alcançarem níveis adequados de adaptação e sustentabilidade.

Palavras-chave: Adaptação. Cidades Esponjas. Inundações. Infraestrutura. Sustentabilidade.

Sumário: 1. Introdução. 2. Desenvolvimento. 2.1. A tragédia climática de maio de 2024 e a necessidade de adaptação. 2.2. Desenvolvimento de baixo impacto (*Low Impact Development*) LID – Estudo de caso. 2.2.1. Estudo de caso. 3. Considerações finais. Referências.

* Advogado. Especialista, Mestre, Doutor e Pós-doutor em Direito. Docente do PPG em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: andrerw@feevale.br

** Bióloga. Mestra em Qualidade Ambiental e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade Feevale. E-mail: aoberherr@yahoo.com.br

*** Advogada. Especialista em Direito do Trabalho, Previdenciário e Processual do Trabalho. E-mail: luciane@netwizard.com.br

Diagnosis of municipalities in the Sinos River Basin that use LID measures as a method of adaptation to climate change

Abstract: Climate change is no longer an estimate for the future, but rather the reality of the present. Extreme climate events are becoming more and more frequent, with profound human and economic consequences. The environmental tragedy of May 2024 in Rio Grande do Sul exposed people and communities to vulnerabilities, floods and flooding, in a large part of the municipalities of Rio Grande do Sul and the need for adaptations. The objective of the research is to evaluate the legislation of 19 municipalities, which have at least 50% of their territory within the Rio dos Sinos Basin and which have provisions for Low Impact Development (LID) measures in their legislation, to enable projects that characterize them as sponge cities. With this study, it appears that few municipalities have this forecast, which leads to the need for adjustments for more cities to achieve adequate levels of adaptation and sustainability.

Keywords: Adaptation. Sponge Cities. Floods. Infrastructure. Sustainability.

Summary: 1. Introduction. 2. Development. 2.1. The climate tragedy of May 2024 and the need for ddaptation. 2.2. Low Impact Development (LID) – Case study. 2.2.1. Case study. 3. Final considerations. References.

1 Introdução

Primordialmente, explicar uma tragédia como a ocorrida no Rio Grande do Sul, em maio de 2024, requer a constante busca de informações, soluções imediatas e a conjugação de diversos elementos de ordem ambiental, técnica e social.

A busca por ações preventivas exige conhecimento prévio dos fatos, uma vez que a atual realidade de mudanças climáticas não permite erros de avaliação e decisões equivocadas. Os custos dos erros nos processos de decisão tornam-se insuportáveis, na medida em que crescem as probabilidades de repetição de eventos climáticos extremos.

Conhecimentos científicos e tecnológicos por si não dão conta da complexidade do momento já que a sociedade precisa compreender sua vulnerabilidade frente aos resultados de um longo processo de degradação ambiental. As evidências das mudanças climáticas revelam a irreversibilidade das alterações do clima, provocadas pelo aquecimento global decorrente dos processos de queima de combustíveis fósseis. Modificar esse quadro não parece mais ser possível, restando a construção de alternativas de adaptação.

Medidas de outrora não repercutem mais adequadamente no enfrentamento da incerteza que decorre das alterações climáticas. A sociedade continua reproduzindo soluções paliativas que não produzem o devido resultado, podendo ser comparada metaforicamente com o mito de Sísifo, o qual pretendeu se colocar acima dos deuses, enganando-os até o dia em que teve de prestar contas por meio de um terrível castigo, que consistia em mover uma grande pedra até

o topo de uma montanha. Lá chegando, uma força irresistível a fazia rolar de volta, passando ele a movê-la para cima indefinidamente. Ou seja, seu trabalho, energia e conhecimento eram consumidos e se revelavam inúteis, pois executava uma ação sem sentido.

Infelizmente, as decisões da sociedade, colocando-se acima da sensibilidade e complexidade do meio ambiente, mostram-se muito próximas ao mito grego na medida em que são arrogantes e depois desperdiçam recursos, vidas e o futuro, tornando o desafio adaptativo um imperativo a ser buscado de todas as formas possíveis.

A presente pesquisa pretende demonstrar a importância das denominadas medidas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development*) ou *LIDs*, as quais visam ao controle das águas pluviais por meio da integração das medidas convencionais com técnicas que imitam o escoamento natural existente, antes do processo de urbanização. As técnicas *LIDs* vão ao encontro das necessárias soluções adaptativas, especialmente na prevenção de alagamentos trágicos como os vividos no Rio Grande do Sul.

Para tanto, foi realizada uma investigação com 19 municípios gaúchos que apresentam-se com parte de seu território, em média 50%, dentro da Bacia do Rio dos Sinos e que tenham a previsão de infraestruturas *LID* em sua legislação, a fim de apontar a necessidade de mudanças significativas no arcabouço legal como forma de promover a necessária adaptação aos impactos desastrosos das alterações climáticas. Uma base normativa adequada é o elemento essencial para a aplicação de técnicas capazes de aumentar a capacidade de adaptação das cidades.

2 Desenvolvimento

2.1 A tragédia climática de maio de 2024 e a necessidade de adaptação

O mês de maio de 2024 ficou marcado na história, não só do Rio Grande do Sul, mas de todo o País, como o mês da ocorrência de eventos climáticos extremos com gravíssimas consequências.

O sofrimento enfrentado pela população com a perda de familiares, residências, animais domésticos e de criação, lavouras, empresas, mais diversos tipos de pertences e a própria história de cada um, gerou impactos econômicos, psicológicos à saúde e sociais, de profunda repercussão com efeitos catastróficos e permanentes.

Evento semelhante ocorreu em 1941, quando se comparam os volumes de precipitação. Porém, a dimensão do desastre climático de 2024 foi muito maior

em função do avanço da urbanização sobre áreas de vazantes, banhados aterrados, margens de arroios ocupadas e pela urbanização em geral, que aumentam a drenagem superficial devido à impermeabilização do solo. Sem contar, ainda, a inexistência de estruturas de contenção à época do primeiro evento. Outrossim, mesmo posteriormente instaladas, não se mostraram suficientes para os tempos atuais. Comparando os eventos, naquele ano de 1941, o nível do Lago Guaíba, localizado na região metropolitana de Porto Alegre, levou 10 dias para saltar de 1,16 metro para a marca histórica de 4,76 metros. Em 2024, mesmo com a presença das comportas e do muro, que só foram construídos na década de 1970, foram necessários apenas 6 dias para o nível do lago sair de 1,24 metro e chegar aos impressionantes 5,33 metros.

Historicamente, a negligência com o Código Florestal Brasileiro moldou o atual quadro de urbanização e, com isso, determinou as consequências de inundações nas áreas de várzea e deslizamentos de terra nas encostas.

As ocupações das inúmeras áreas de risco já causaram vítimas e extensos prejuízos, sendo que 176 óbitos ocorreram em somente um evento climático, qual seja, o ocorrido em maio de 2024. (DEFESA CIVIL DO ESTADO, RS, 2024). Um evento extremo, inserido num contexto mais amplo e complexo de mudanças climáticas em curso, que também já havia provocado eventos de inundações severas em 2023.

As mudanças climáticas induzidas pelo processo de desenvolvimento estão causando perturbações perigosas e generalizadas na natureza e afetando a vida de bilhões de pessoas em todo o mundo, apesar dos esforços para reduzir esses riscos, cada vez mais concretos que se materializam em eventos extremos com potencial destrutivo sem precedentes (IPCC, 2022).

Chuvas em níveis anormais e com potencial destrutivo são apenas um dos efeitos negativos e imprevisíveis que podem ocorrer com mais frequência. Conforme Moreira (2024), a compreensão do que acontece numa situação de grandes precipitações começa por constatar como estão organizados os componentes físicos do planeta. Compreender que cada região possui um tipo de solo oriundo do intemperismo de determinado tipo de rocha, e, a partir disso, entender que a mecânica dos solos dá a possibilidade ou não de suporte para as diversas atividades humanas pretendidas, é fator crucial a ser ponderado pela sociedade e aplicado pelo Poder Público.

A geologia local, o tipo de solo, a plasticidade, a colapsibilidade, permeabilidade e cisalhamento devem ser conhecidos para a escolha de determinado local para implantação de atividades humanas, posto que estes são os fatores que podem originar movimentos de massa e, consequentemente, os desastres naturais que são previsíveis através da delimitação das áreas impróprias (TOMINAGA, 2009).

Utiliza-se o termo “desastres naturais” para eventos relacionados ao clima. Porém, cabe avaliar a adequação do termo, pois, a partir do momento que um desastre ocorre em função da ocupação de uma encosta com uma camada não muito profunda de solo sobre a rocha, é possível descartar o termo “natural” para desastre com risco iminente e conhecido tecnicamente. Nessa linha, por “natural” se pode designar, então, eventos como a erupção de vulcões, terremotos e outros eventos onde a ação humana não contribui para sua ocorrência, ao contrário do que ocorre com o clima.

Monteiro (2016), afirma que não existe ainda uma definição internacionalmente aceita para o termo “desastres naturais”. Monteiro e Zanella (2019) afirmam que há uma necessidade latente em se compreender o desastre natural em uma perspectiva conceitual, no intuito de evitar concepções errôneas que confundem o entendimento de determinados fenômenos em sua essência, mascaram verdades inconvenientes somadas a atitudes e negligências que são a causa de eventos desastrosos e que colocam a sociedade em uma condição de vítima, contribuindo para uma postura de imobilidade frente a determinados eventos adversos.

Trata-se também de evitar visões conformistas e fatalistas que podem conceber a chuva, um terremoto, um tsunami ou a seca como eventos oriundos do sobrenatural ou como expressão da “força da natureza”, implacável com o ser humano, sem considerar os abusos na relação com meio ambiente. Tal interpretação conduz a sociedade ao conformismo, contribuindo para a adoção de uma postura inerte e impotente frente às ameaças naturais, quando, na verdade, há muito para construir em termos de prevenção e a adaptação. (MONTEIRO; ZANELLA, 2019).

A vulnerabilidade de algumas populações condicionam a transformação de determinadas ameaças naturais em desastres. Caso contrário, seriam apenas fenômenos naturais inexpressivos. A grande maioria dos desastres que ocorrem no Brasil estão relacionados a fenômenos climáticos que ocorrem em áreas onde habitam populações vulneráveis. A ação humana e a exposição a riscos diversos são considerados componentes importantes nesta equação, no intuito de compreender outros componentes para além daqueles processos desencadeadores dos desastres, os quais também envolvem suscetibilidade, exposição e a capacidade adaptativa das comunidades (HERRMANN, 2016).

As consequências do desastre climático ocorrido no Rio Grande do Sul foram profundas e abrangentes, com efeitos sociais e econômicos evidentes. Estima-se que o conjunto de danos à Economia pode representar cerca de 97 bilhões de reais na economia brasileira e 9,86% do PIB gaúcho. Somente na agricultura, os efeitos diretos do desastre afetaram construções e instalações de 19.190 famílias rurais, além de problemas para o escoamento da produção de 4.548 comunidades em razão de estradas vicinais afetadas (EMATER, 2024).

Por certo que eventos extremos não deixarão de existir. No entanto, ainda que o risco zero seja um ideal inatingível, os diversos atores sociais envolvidos neste processo de prevenção/mitigação de desastres devem agir conjuntamente no intuito de minimizar os riscos de acordo com as possibilidades técnicas e os recursos disponíveis (MONTEIRO; ZANELLA, 2019). Essas ações devem ser respaldadas por normas jurídicas atualizadas.

A busca humana pela dominação da natureza com a tecnologia vem de longa data e passou por diversas fases de desenvolvimento. A humanidade passou por diversas etapas de evolução e adaptação no decorrer de sua longa jornada. O meio no qual estava inserida despertou a criatividade e o gênio inventivo, característicos do humano. O estímulo que as dificuldades representam levou à busca constante de inovação, seja para a sobrevivência num primeiro momento, seja para destacar-se nos diversos contextos na atualidade com o domínio de técnicas transformadoras. O desenvolvimento, porém, cobrou um preço alto pelos benefícios que trouxe (WEYERMÜLLER, 2014).

O desenvolvimento baseado na tecnologia e na maciça utilização de recursos, criou uma realidade onde a dependência da sociedade da própria tecnologia representa um risco futuro, na medida em que não se pode prever se ela irá compensar os passivos criados durante o processo, o qual se deu de forma cumulativa durante séculos e que hoje se encontra em um patamar altamente desenvolvido e umbilicalmente ligado ao risco futuro (ENGELMANN, 2010).

Surge uma realidade paradoxal no tocante à disponibilidade dos recursos e seu preço, na medida em que “devido a possibilidade de esgotamento, o valor dos recursos ambientais tende a crescer no tempo se admitimos que seu uso aumenta com o crescimento econômico” (MOTTA, 2006). Decorrencia lógica desse contexto é que o maior risco que a humanidade e a sociedade como estruturada hoje está exposta é justamente o risco da inadaptação à realidade por ela (re)produzida.

É fato que a humanidade sempre dependeu da capacidade de adaptação que desenvolveu, traduzida na transformação do meio e utilização dos recursos disponíveis para manter padrões que hoje, na sociedade global, são essenciais para manter a atual configuração, onde o consumo é uma das bases, sobretudo considerando necessidades produzidas e não reais. Ou seja, a artificialidade das necessidades faz com que tudo passa a ser essencial e indispensável. Há uma evidente ligação entre ecologia, economia e sociedade (WEYERMÜLLER, 2014).

Toda essa capacidade adaptativa permite hoje que a humanidade enfrente melhor as adversidades, porém, as leis básicas da natureza deveriam ser respeitadas, sob pena de anular o potencial preventivo do conhecimento e da técnica. Não é diferente com a ocupação dos espaços, o qual está ligado com necessidades da sociedade, com repercussões econômicas e ecológicas. O planejamento de

um território urbano, a partir de estudos aprofundados sobre as possibilidades de ocupação, devem nortear os planos diretores dos municípios indicando, em forma de zoneamentos, os locais aptos a serem ocupados e aqueles que oferecem altos riscos para desastres. Essa organização depende de base legal adequada produzida pelos municípios considerando o interesse local.

As inundações estão intimamente relacionadas com a quantidade de vegetação existente na bacia de captação da drenagem. A remoção da vegetação e a impermeabilização do solo, contribuem para a ocorrência cada vez mais intensa das inundações. O descuido com a preservação das áreas de preservação permanente relacionadas aos cursos hídricos, somada à imprevisibilidade de eventos climáticos extremos causados pelas mudanças climáticas, indicam uma realidade de risco e perigo sem precedentes, aos quais se faz necessária a adaptação.

Além do cuidado com a vegetação é preciso considerar os fatores de assoreamento, que reduzem a profundidade de canais, fazendo com que ocorra a perda de capacidade de volume dos reservatórios. Uma forma de enfrentar o problema é a realização da adequada gestão da bacia hidrográfica.

Um problema que se destaca é centrar o processo decisório apenas nos limites políticos dos municípios, o que é possível pelo novo regramento do Código Florestal por meio da Lei Federal nº 14.285/21 (BRASIL, 2021), o qual define as APPs de cursos hídricos em áreas urbanas consolidadas, como sendo de impacto local. Pelo disposto na lei, se sujeitam às APPs a um possível regramento pelos Planos Diretores, o que significa um retrocesso para a preservação dos recursos hídricos e para prevenir desastres decorrentes de inundações, em área onde a natureza promovia naturalmente seus alagamentos e inundações.

Oportuno destacar, que a referida legislação que flexibiliza as APPs é objeto de Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI 7146), o que revela a desconexão da Lei com as necessidades de tutela mais efetiva dos cursos hídricos. Da mesma forma, a Lei Estadual nº 16.111/24 que permite as construções de barragens em áreas de preservação permanente está sendo questionada pela Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI 7650). Claros exemplos de inadaptação oriundos da produção legislativa.

Hernandez e Szigethy (2020), em seus estudos relativos ao controle de enchentes, apresentaram dados alarmantes sobre diversos eventos ocorridos no planeta. Segundo o relatório de desastres naturais relacionados ao clima acontecidos entre 1995-2015, as cheias foram os eventos mais comuns, representando 43% do total de desastres, afetando 2,3 bilhões de pessoas no mundo.

Esses eventos não são recentes. Em 2014, por exemplo, chuvas fortes atingiram a região metropolitana de Detroit e o Sudeste de Michigan, e estima-se que os danos ultrapassaram 1,8 bilhões de dólares. Uma enchente acontecida em Beijing – China, em julho de 2012, custou 79 vidas e causou aproximadamente

1,86 bilhões de dólares em perdas econômicas. Ainda na China, 28 províncias foram afetadas por enchentes em 2016, que atingiram centenas de cidades de norte a sul do país.

Em Dubai – Emirados Árabes Unidos, registrou-se uma chuva histórica em abril de 2024, que levou a alagamentos e impactou até o aeroporto. Meteorologistas locais levantaram a hipótese de que o temporal histórico em um país desértico tenha sido causado pela “chuva artificial” – técnica usada para conter a escassez de água através da sementeira de nuvens. No entanto, especialistas apontam que a causa mais provável da chuva no deserto tem a ver com as mudanças climáticas. O temporal que caiu em Dubai acumulou em menos de 48 horas, cerca de 140 milímetros de chuva, volume muito maior do que o esperado para um ano inteiro, que é de 94,7 milímetros. Os exemplos pelo mundo são muitos.

O último relatório do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima) apresentou uma perspectiva muito preocupante sobre o clima. Referido Painel Intergovernamental é um órgão da ONU (Organização das Nações Unidas), criado para estudar as diversas questões científicas relacionadas com o clima e às mudanças climáticas. Atualmente se está no sexto relatório produzido pelo IPCC. As conclusões do estudo indicam que houve um aumento considerável na emissão de gases de efeito estufa no período de 2010 a 2019, os quais são os mais altos já registrados e que comprometem a meta estabelecida em Paris em 2015, no sentido de não permitir que o aumento da temperatura global média exceda 1,5 °C. (IPCC, 2018).

O Acordo de Paris foi celebrado quando da realização da COP 21, conferência da ONU sobre o clima, e teve um papel histórico no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas por meio da colaboração efetiva dos Estados-membros por um esforço comum pela resiliência e adaptação, a luz dos princípios da proibição do retrocesso e do princípio da progressividade (SARLET, WEDY, FENTERSEIFER, 2023).

Conforme alertado desde o primeiro relatório do IPCC, esses eventos tomaram proporções cada vez maiores em termos de amplitude e consequências. Assim, em 2024, o Rio Grande do Sul entrou na lista de grandes desastres com a inundação histórica e deslocamentos de massas que afetaram 478 municípios deixando 176 óbitos, 806 feridos e 39 desaparecidos. Além disso, resultou em 10.793 pessoas em abrigos, 422.753 desalojados e 2.398.255 de pessoas afetadas diretamente (DEFESA CIVIL RS, 2024).

J   em 2017, a Agência Nacional de   guas (ANA) mencionava que no Brasil, cerca de três milhões de pessoas foram afetadas por alagamentos, enxurradas e inunda  es e, para o período de 2015 a 2017, já destacava que o Sul do

país era o mais afetado, com 57% desses eventos. Em seu relatório anual de 2023, afirma que 1,5 milhões de pessoas foram afetadas por cheias no Brasil (ANA, 2024). A evolução acelerada do problema é evidente.

O Departamento de Planejamento Governamental, vinculado à Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (Deplan/SPGG) do Estado do Rio Grande do Sul, publicou em 2022 o estudo “Desastres Naturais no RS: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021”. O estudo apontou que ao longo de 17 anos, entre 2003 e 2021, o Rio Grande do Sul registrou um total de 4.230 ocorrências de desastres naturais, conceito que abrange fenômenos extremos ou intensos, que causam danos que excedem a capacidade da comunidade atingida em conviver com o impacto provocado.

O estudo mostra que nos últimos quatro anos avaliados, de 2017 a 2021, 4,44 milhões de pessoas, em 482 dos 497 municípios do Estado, foram afetadas por estes eventos naturais, os quais englobam fenômenos como estiagens, alagamentos, inundações e chuvas intensas. Os prejuízos econômicos contabilizados nesses eventos nos quatro anos foram estimados em R\$ 22,9 bilhões, sendo 97,6% no setor privado e 2,3% do poder público (DEPLAN/SPGG, 2022).

Ante os dados coletados, constata-se facilmente a previsibilidade da ocorrência de eventos extremos e a possibilidade de produzir respostas antecipadas com base em informações disponíveis, reduzindo-se assim, consideravelmente os riscos. A engenharia apresenta diversas metodologias e tecnologias para o enfrentamento das situações de risco, realizando correções, minimizações ou até eliminando alguns riscos.

Nos últimos anos, medidas estruturais intensivas, diferentes das convencionais têm sido propostas: as denominadas medidas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development – LID*). As medidas *LIDs* visam um controle das águas pluviais na fonte ou terreno, integrando princípios das medidas convencionais às técnicas que imitam o escoamento natural existente, presentes antes do processo de urbanização. Dessa forma, essas medidas procuram aumentar os processos de infiltração, armazenamento e evapotranspiração. Segundo Baptista *et al* (2014), os princípios do *LID*, permitem explorar o desenvolvimento sustentável por meio da integração do desenho urbano com a construção da paisagem hidrologicamente funcional.

O objetivo do estudo é trazer luz a práticas que amenizem os impactos resultantes das mudanças climáticas sobre a infraestrutura da drenagem pluvial e com isso, amenizar os efeitos das enchentes sobre as cidades, pela perspectiva da contribuição das medidas *LIDs* e consequentemente, sua aplicação nos municípios investigados, com adaptações e mitigação às mudanças climáticas. Para que essas medidas sejam aplicadas, se faz necessário produzir os fundamentos legais adequados em cada município.

2.2 Desenvolvimento de baixo impacto (*Low Impact Development*) LID – Estudo de caso

O estudo de caso está contextualizado em diretrizes mais amplas de sustentabilidade promovidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU), composta por 193 Estados-membros da ONU, a qual definiu metas mundiais de sustentabilidade em 2015. Essas metas estão ligadas a quatro dimensões, quais sejam: a social, a ambiental, a econômica e a institucional. Foram assim definidos, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), desdobrados em 169 metas globais interconectadas, as quais devem ser atingidas até 2030. Por esse motivo, ficou conhecida como a “Agenda 2030”.

Tem-se que “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente, o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024). Dentre os 17 Objetivos estabelecidos em 2015, cabe destacar dois no contexto da pesquisa.

O ODS 13 é o mais abrangente, pois trata da “Ação contra a mudança global do clima”, o qual se desdobra em metas e submetas, visando “adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos”. Portanto, cabem ser transcritos os itens que compõem o Objetivo 13, os quais esclarecem e confirmam a necessidade urgente na tomada de decisões e atitudes para capacitação da sociedade como um todo, a fim de melhorar a educação, como também a conscientização humana a respeito da vida no planeta, da mitigação de impactos ambientais, decorrentes das catástrofes naturais e alterações do clima:

13.1 Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países.

13.2 Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

13.3 Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

13.a Implementar o compromisso assumido pelos países desenvolvidos partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] para a meta de mobilizar conjuntamente US\$ 100 bilhões por ano a partir de 2020, de todas as fontes, para atender às necessidades dos países em desenvolvimento, no contexto das ações de mitigação significativas e transparência na implementação; e operacionalizar plenamente o Fundo Verde para o Clima por meio de sua capitalização o mais cedo possível.

13.b Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos, inclusive com foco em mulheres, jovens, comunidades locais e marginalizadas

(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024).

O segundo Objetivo a ser analisado por sua pertinência, trata do tema das Cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11), com o qual se pretende “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. Cita-se um de seus desdobramentos mais relevantes (11.5) no contexto da pesquisa busca:

Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024).

A ocorrência de catástrofes com reflexos de consequências humanas e econômicas são um dos focos do ODS 11 e revelam a amplitude global do problema dos eventos climáticos extremos. No nível nacional, a Lei nº 12.187/09, que estabelece a política nacional sobre mudanças climáticas, conceitua a adaptação como “iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima”. (BRASIL, 2009). O conceito legal de adaptação revela adequação da norma à necessidade de decisões adaptativas, uma vez que a irreversibilidade do quadro climático é fato científico.

Já o enfrentamento ao problema, como o planejamento das cidades, decorre do contexto geral de crise ambiental, sendo a adaptação uma ação necessária e fundamental, a qual se traduz expressamente em mais uma das metas específicas:

11.b Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2024).

A sustentabilidade como princípio fundante da proteção dos elementos naturais e da estruturação do Direito Ambiental, passa de uma orientação mais genérica e pouco concreta da sua gênese, para uma diretriz global que congrega diversos elementos que compõem a problemática ambiental. As dificuldades de tornar efetivos esses objetivos e metas são desafiadores, pois dependem de um esforço conjunto de diversos setores. Porém, mesmo com tantas dificuldades, diversas ações concretas estão em andamento e outras podem ser implementadas.

A organização dos espaços urbanos, grande fonte de impactos ambientais, depende de medidas técnicas, vontade política, aportes normativos e financeiros. As medidas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) são uma forma de concretizar a necessária adaptação das cidades aos eventos extremos do clima, cada vez mais corriqueiros na sociedade. A técnica precisa de base legal adequada, a qual precisa ser construída levando em consideração as características de cada município.

2.2.1 Estudo de caso

Um diagnóstico para viabilidade de aplicação de *LIDE* das deficiências para sua implementação foi a forma escolhida para servir de objeto de estudo. Para tanto, foram selecionados 19 municípios que possuem 50% de seu território dentro da Bacia do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, quais sejam: Araricá, Campo Bom, Caraá, Esteio, Novo Hamburgo, Parobé, Riozinho, Rolante, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Canela, Canoas, Estância Velha, Igrejinha, Nova Hartz, Portão, Sapiranga, Taquara e Três Coroas.

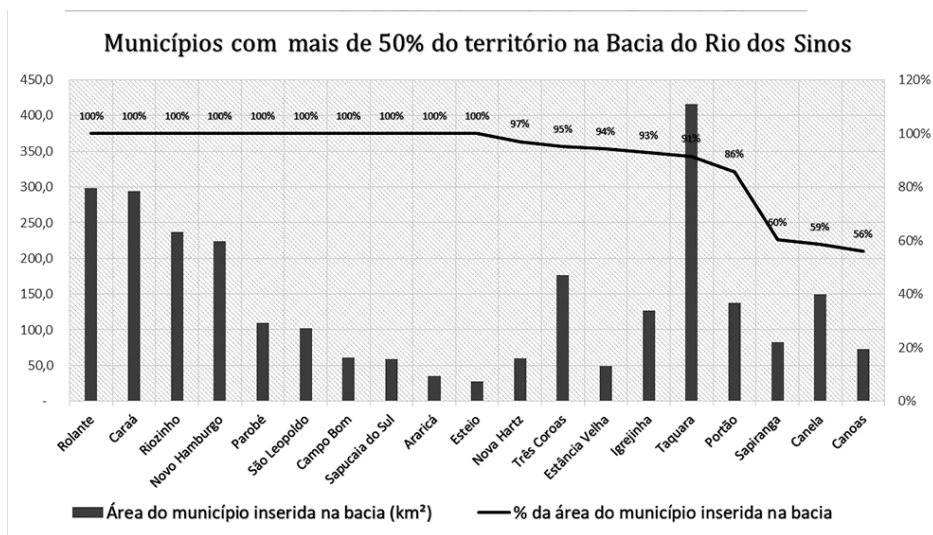


Figura 1: Seleção dos municípios com até 50% do território na Bacia Sinos.
 Fonte: Modificado de SEMA/RS. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>>.
 Acesso em: ago. 2024.

A seleção dos municípios nas condições acima referidas, deu-se em função de que tais características contribuem de forma significativa, em termos de escoamento de suas águas para a Bacia. Após a seleção, foi desenvolvido um mapa da Bacia e a localização dos territórios com suas áreas superficiais de escoamento para a Bacia, conforme mostra a Figura 2.

Definido o universo amostral, foi realizada revisão da bibliografia para definir estruturas *LID* e sua definição conceitual. Foi realizada também, a revisão da legislação específica de cada um dos municípios selecionados para verificar a previsão de medidas não estruturais ou estruturais para drenagem urbana em sua legislação atual. Posteriormente, realizou-se a tabulação dos dados e, a partir disso, a conclusão do estudo.

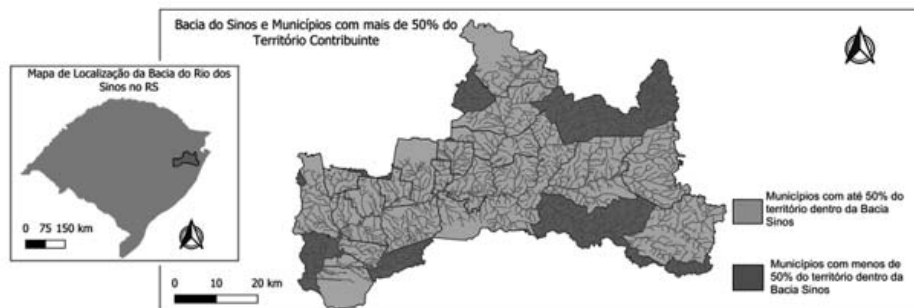


Figura 2: Seleção dos municípios com até 50% do território na Bacia Sinos.

Fonte: Produzido pelos autores, julho de 2024.

Em relação à metodologia, conforme Gerhardt e Silveira (2009, p. 32), a pesquisa é de abordagem qualitativa, pois procura compreender o porquê das situações analisadas e oferecer o que pode ser feito. Apresenta-se como de natureza aplicada, pois objetiva demonstrar diretrizes para a aplicação prática na implantação de infraestrutura nos municípios.

Conforme a Fiocruz – Fundação Oswaldo Cruz (2022), são classificados como eventos climáticos ou meteorológicos extremos, os chamados desastres naturais, as ocorrências que impedem o funcionamento normal do cotidiano de uma sociedade, resultando em danos materiais ao ambiente urbano e no risco de vida aos moradores. O Observatório de Clima e Saúde classifica os eventos de origem Hidrológica, em inundações, alagamentos, enchentes e deslizamentos de terra (ICICT, 2022).

Para enfrentar as mudanças climáticas, no aspecto drenagem urbana e enchentes, a construção de infraestruturas não convencionais, *LIDs*, vem de encontro a uma solução que, juntamente com outras, pode compor um cenário de adaptação nas cidades que enfrentam desastres por inundações. Descrevendo de forma geral, o *LID* consiste em medidas estruturais e estruturantes que visam reter a água da chuva a montante, ou seja, a solução de drenagem deve ocorrer bem antes do seu lançamento.

As práticas de *Low Impact Development* – *LID* são consideradas infraestruturas modernas que procuram imitar o pré-desenvolvimento das condições ambientais e restaurar o regime hidrológico através de medidas adicionais para a infiltração e evapotranspiração de escoamento pluvial das cidades (MAROSTICA, 2023).

Estudos na área de desenvolvimento de baixo impacto demonstram que as técnicas *LID* reduzem o risco de alagamentos urbanos ao retardar o escoamento das águas pluviais, proporcionando benefícios térmicos ao reduzir os efeitos das

ilhas de calor e fornecer habitat para a vida selvagem (BATES *et al.*, 2013; BERNDTSSON, 2010).

Como exemplo de algumas das diversas técnicas de manejo de águas pluviais, são apresentadas opções baseadas nos princípios da biorretenção, amplamente divulgadas pelo Manual de Manejo de Água de Chuva de Portland – EUA (PORTLAND. OREGON, 2020).

Tabela 1: Técnicas de manejo de águas pluvias, baseadas nos princípios da biorretenção.

Técnica	Descrição
Jardins de chuva	Depressões topográficas que recebem o escoamento da água pluvial; o solo, tratado com pedriscos, aumenta sua porosidade, age como uma esponja a sugar a água, enquanto microrganismos e bactérias removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial; a adição de plantas aumenta a evapotranspiração e a remoção de nutrientes.
Biovaletas	Semelhantes aos jardins de chuva, mas, geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam uma limpeza da água da chuva, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva.
Canteiros pluviais	Basicamente jardins de chuva que foram dimensionados para pequenos espaços urbanos; um canteiro pode contar, além de sua capacidade de infiltração, com um extravasador, ou, em exemplos sem infiltração, só com a evaporação, a evapotranspiração e o transbordamento.
Parque Inundável Multiuso	O objetivo do parque é funcionar como bacia de retenção para amortizar vazões de cheias e amenizar inundações a jusante e quando seco, servir como área de prática de esportes, como área de recreação, lazer e turismo.

Fonte: Modificado de Manual de Manejo de Água de Chuva de Portland – EUA. 2020.
Disponível em: <<https://www.portlandoregon.gov/bes/71127>>. Acesso em: 2 ago 2024.

As técnicas *LIDs* vêm de encontro ao que recentemente entrou com maior visibilidade na mídia, devido as enchentes no Rio Grande do Sul, que são as cidades esponja. É possível afirmar que um *master plan* inclui no planejamento de uma cidade esponja, soluções *LID*. Entendendo-se a cidade esponja como um planejamento físico-espacial de uma cidade ou de parte dela como um bairro ou até mesmo de um complexo, conectando os diversos fatores físicos e biótico com a urbanização existente ou pretendida. Conforme definição do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS):

Cidade-Esponja é um conceito de cidade sensível à água, remetendo à situação na qual a mesma possui a capacidade de deter, limpar e infiltrar águas usando soluções baseadas na natureza. O desafio consiste em encontrar soluções para transformar a paisagem urbana em uma “esponja”, que absorva as águas em áreas livres ou construídas, recarregando os aquíferos e conduzindo os excedentes para áreas alagáveis ou alagadas (OICS, 2024).

O chinês Kongjian Yu, um dos maiores arquitetos do mundo, é o pai do conceito. No universo das soluções verdes nas cidades, Kongjian Yu na China é uma das maiores referências contemporâneas e em constante atuação e atualização. O arquiteto e paisagista cunhou o termo “cidade-esponja” a partir de suas pesquisas sobre sistemas chineses ancestrais de drenagem e tecnologias contemporâneas no campo das soluções baseadas na natureza (CIDRACK; MOURA, 2022). O conceito foi adotado como política nacional na China em 2013, priorizando infraestruturas de grande escala baseadas na natureza, como zonas úmidas, corredores verdes, parques, proteção de árvores e bosques, jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis e biovaletas.

Para Bacchin (2024), a cidade esponja é uma cidade que trabalha o ciclo hidrológico completo, que tem um desenho sensível à água. Ou seja, ela tem uma série de medidas em espaços para receber a água da chuva. Algumas zonas são áreas de detenção e retenção, que podem ser canaletas verdes, pavimento permeável e jardins de chuva. Há infraestruturas verdes e azuis que conseguem gerenciar a precipitação. A água não é desperdiçada e não é drenada para outras áreas, e sim permanece no local o máximo possível, infiltrando-se no solo ou armazenada em reservatórios para ser reutilizada em um momento de seca. A cidade funciona como uma esponja, que mantém de forma segura a água da chuva (ZERO HORA, 2024). Bacchin (2024), em entrevista, conceitualiza algumas infraestruturas verdes e azuis como:

Infraestrutura verde: Uso de parques, jardins, telhados verdes e paredes verdes para aumentar a permeabilidade do solo e reduzir o escoamento superficial;

Áreas de retenção e detenção: Criação de bacias de retenção e detenção que armazenam a água da chuva temporariamente, permitindo a sua infiltração no solo ou o seu uso posterior;

Permeabilidade do solo: Incentivo ao uso de pavimentos permeáveis que permitem a infiltração da água no solo;

Tecnologia de reutilização da água: implementação de sistemas para coletar, tratar e reutilizar a água da chuva para fins não potáveis, como irrigação e descarga de sanitários (BACCHIN, 2024).

Rotterdam, na Holanda, é um exemplo mundialmente conhecido de cidade-esponja. Ela desenvolve um plano estratégico de adaptação climática, que é a base do plano diretor. Um exemplo é a *Water Square* (Praça de Águas), que é um equipamento público de esportes ao lado de uma escola. Há uma quadra de basquete rebaixada em relação ao nível da rua, como se fosse uma bacia de detenção. Verifica-se um desenho de rebaixamento de solo, que faz com que o fluxo de vazão em excesso da área adjacente chegue até o parque, de maneira segura, e entre nessa bacia de detenção, que é a quadra de basquete. Outro exemplo é o chamado de jardim de chuva, um local rico na escolha de plantas, na densidade da vegetação, que é um mecanismo de drenagem. A água que ali chega é

filtrada pela vegetação e permanece nesse solo por um determinado momento; depois, é absorvida pela rede de tubulação. Outra medida importante para um caso extremo, é um grande estacionamento subterrâneo, que funciona como um enorme tanque. No caso de chuva extrema, parte da vazão é direcionada para esse lugar e armazenado no subsolo (BACCHIN, 2024).

No Brasil, a cidade de Curitiba, PR se destaca por ter priorizado a valorização de parques que possibilitam o armazenamento da água da chuva. O Parque Barigui, por exemplo, ocupa 140 hectares e funciona como importante elemento de absorção de águas, mostrando-se eficaz durante fortes chuvas que atingem a cidade. (DW, 2024)

Tendo em vista que as tecnologias *LIDs* podem contribuir para adaptação das cidades para evitar ou reduzir as inundações, foram investigadas as legislações existentes dos 19 municípios selecionados, dentre elas: o Plano Diretor Municipal, Plano Diretor de Drenagem Urbana, Código de Obras, Código de Edificações, Lei de Parcelamento do Solo Municipal e Lei Municipal de Proteção Ambiental. Esse conjunto normativo representa a base para a implementação das *LIDs*.

Entre os municípios investigados, apenas 3 apresentam a previsão de infraestruturas *LID* em sua legislação. Nesta etapa, os municípios foram divididos entre aqueles que possuem 100% de seu território na Bacia e aqueles que possuem mais de 50% de seu território inserido na Bacia Sinos. A seguir, no Quadro 1, é possível observar os resultados encontrados.

Os resultados da pesquisa apontam que três municípios possuem previsão de medidas não estruturais em sua legislação. A *LID* encontrada baseia-se em caixas de armazenamento e reservatórios, sendo que apenas um possui a previsão de bacias de retenção. Estas soluções contribuem para amenizar os alagamentos promovidos por chuvas intensas e de curta duração, mas para atenuar enchentes, que resultam de chuvas intensas de média e longa duração, pouco efeito produzem.

Assim sendo, verifica-se que a maioria dos municípios da amostra, não possui um planejamento estratégico que envolve medidas não estruturais e estruturais para formar um conjunto de ações para adaptação e mitigação aos efeitos dos ventos climático extremos. Apesar do alerta realizado pelo IPCC desde 1990, as esferas públicas, no geral, não têm acatado as recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

Quadro 1: Resultado da análise da legislação municipal e as infraestruturas previstas para adaptação e mitigação do efeito das mudanças climáticas sobre a drenagem pluvial.

	Municípios	Lei	Estrutural	Não-Estrutural	Tipo
100%	Araricá	Lei Municipal nº 1.596/2020; art. 16	X		Canalização das águas pluviais
	Campo Bom	Lei Municipal nº 5.329/2022; art.51	X	X	Macro drenagem, caixa de detenção
	Caraá	Lei Municipal nº 780/2006; art.45 e art.46	X		Micro e macro drenagem
	Esteio	Lei Municipal nº 6584/2017; art.5	X		Micro e macro drenagem
	Novo Hamburgo	Decreto Municipal nº 22/1929; art. 188 e 189	X	X	Bacia de retenção, caixas de captação, micro e macro drenagem
	Parobé	Lei Municipal nº 574/1991; art.39	X		Canalização das águas pluviais
	Riozinho	Lei Municipal nº 1296/2014; art.74-77	X		Micro e macro drenagem
	Rolante	Lei Municipal nº 3.950/2016; art.74-77.	X		Micro e macro drenagem
	São Leopoldo	Lei Municipal nº 6628/2008; art.84 e art.85.	X		Micro e macro drenagem
	Sapucaia do Sul	Decreto Municipal nº 3800/2011; art.189 e art. 190	X		Micro e macro drenagem
+ 50%	Canela	Lei Complementar nº 74/2018; art.81-86	X		Micro e macro drenagem
	Canoas	Lei Municipal nº 5961/2015; art.51-55	X		Micro e macro drenagem
	Estância Velha	Lei Municipal nº 870/1985; art.262-265	X		Canalização das águas pluviais
	Igrejinha	Lei Municipal nº 1864/1993; art.149-151	X		Canalização das águas pluviais
	Nova Hartz	Lei Municipal nº 1450/2009; art.12	X	X	Canalização das águas pluviais, coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva.
	Portão	Lei Municipal nº 1508, de 30/12/2004; art.18	X		Canalização das águas pluviais
	Sapiranga	Lei Municipal nº 7.150/2023; art.53	X		Micro e macro drenagem
	Taquara	Lei Complementar nº 18/2022; art.120		X	Reservatórios de contenção de águas pluviais
	Três Coroas	Lei Municipal nº 2517/2006; art.90	X		Micro e macro drenagem

Fonte: Elaborado pelos autores, julho de 2023.

Os municípios investigados adotam as redes de micro e macrodrenagem, formada por tubulações para afastar as águas. Assim, objetivando afastar o mais rápido possível as águas de dentro de seu território. Os grandes nomes das soluções verdes para manejo das águas pluviais, como a Arquiteta Taneha Bacchin; Thomas Balsley e do arquiteto e paisagista Kongjian Yu, são unânimes em afirmar que a instalação de canos para o afastamento das águas não será uma solução para enfrentar as mudanças climáticas. Yu afirma que temos que observar a natureza e imitar as suas soluções para a construção de nossas cidades.

Fica, portanto, evidente a necessidade de que os municípios unam forças e planejem o futuro da bacia hidrográfica de forma conjunta, pois as águas não respeitam limites geográficos, o que implica no fato de que as ações de um município repercutem na bacia como um todo.

Constata-se um equívoco fundamental em soluções técnicas mais antigas, centradas no afastamento das águas com velocidade. Situações como a inundação ocorrida em maio de 2024 em Porto Alegre, será cada vez mais recorrente em virtude das alterações do clima, sendo o Lago Guaíba o receptor de diversas bacias hidrográficas do Estado.

Existem alternativas que devem ser adaptadas a cada situação e a cada território, como bacias de retenção, caixas de retenção, trincheiras, cisternas, jardins filtrantes, valas de infiltração, telhados verdes, depressões secas, reservatórios abertos ou fechados, desconexão das calhas para superfície permeável, pavimento poroso, blocos intertravados, blocos vazados, entre outras.

Davidovitsch (2020), no estudo intitulado “Estado da Arte das Técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto Aplicadas no Controle da Drenagem Urbana”, reuniu informações importantes e que corroboram os resultados do presente estudo. O autor verificou que existe, no conjunto de todas as técnicas *LID* implementadas, um total de 2.844 documentos sobre o uso das técnicas *LID* de drenagem urbana publicados e indexados pela *Web of Science*, entre 2010 e 2019.

O estudo mostra que o número total de publicações de técnicas *LID* triplicou de 2010 para 2019, e que, durante esse período, as técnicas mais exploradas foram zonas úmidas artificiais (ZUA), biorretenção, coleta de água da chuva e telhados verdes. Entretanto, a biorretenção foi a técnica que mais cresceu em termos de publicação, de 15 em 2010 para 118 em 2019.

Outro aspecto muito interessante deste estudo é em relação aos países que mais publicaram matérias a respeito do assunto relacionado a solução para os eventos extremos neste período, sendo Estados Unidos, Austrália e China. No Brasil, as publicações basicamente são relativas a coleta de água da chuva.

Analisando o estudo de Davidovitsch (2020) conclui-se que existe uma tendência mundial na pesquisa e implantação de técnicas *LID* de drenagem urbana e construção de planos estratégicos de cidades esponjas. Comparando esta

tendência com o resultado da presente pesquisa, verifica-se que a Bacia do Rio dos Sinos carece de estudos para implementação de *LIDs* e de legislação que as torne parte integrante do planejamento estratégico das cidades.

Promover estudos centrados nas bacias hidrográficas para projetar uma solução consorciada para os municípios tende a ser a alternativa de maiores resultados em termos de evitar inundações, porque tira o foco da canalização para afastamento das águas, prevista em todas as legislações municipais investigadas, para centrar na retenção e infiltração das águas, fazendo com que não apenas se evite inundações, mas se armazene água para o outro lado do evento extremo que são os períodos de estiagem. A abordagem dos problemas hídricos deve considerar sempre os extremos de excessos como no caso de maio de 2024 e de escassez, que já é conhecida e cíclica no Rio Grande do Sul. Alternativas que só enfrentam um cenário não representam uma ação adaptativa completa.

Com base nos estudos centrados na bacia, é possível a revisão das legislações municipais para prever atuação ampla do poder público na construção de grandes medidas *LID* como: parques inundáveis, jardins filtrantes e áreas verdes de biorretenção, tanto na urbanização existente como em novos parcelamentos do solo. Enquanto que, pequenas soluções como, caixas de retenção, cisternas, telhados verdes, pavimentos permeáveis e jardins filtrantes, podem ser exigidas em regimentos para a aprovação de projetos residenciais e prediais, que quando somadas resultam em grandes benefícios para a adaptação das cidades à condição de alagamentos e inundações.

As medidas adotadas para controle do escoamento superficial são, atualmente, utilizadas por diversas cidades brasileiras, com o intuito de minimizar as vazões de pico das enchentes. Para que o sistema adotado de drenagem seja eficiente, é necessária a integração das atividades de fiscalização e manutenção, a cargo do Poder Público, de modo que as medidas não estruturais e estruturais viabilizem a eficiência. Estudos técnicos adequados, vontade política e previsão legal, são elementos inseparáveis para a construção de soluções adaptativas para as cidades.

3 Considerações finais

O enfrentamento das consequências negativas das mudanças climáticas é um compromisso complexo e repleto de dificuldades que precisa ser articulado a partir de várias frentes. Todas as ações possíveis devem ser concretizadas para alcançar níveis aceitáveis de adaptação, pois, ao que tudo indica, o processo de degradação climática é irreversível.

Adaptar-se significa, principalmente, ter a capacidade de criar mecanismos que possam tornar a vida mais apta aos obstáculos da existência. A humanidade trilhou um longo caminho de desenvolvimento e de adaptação ao meio ambiente e, com isso, provocou diversos problemas ecológicos muito difíceis de enfrentar, uma vez que se produziu uma complexa realidade que interliga o crescimento populacional e a ocupação dos espaços, a exploração de recursos de forma desenfreada e as necessidades econômicas.

O Direito tem limitações e não consegue abarcar esses problemas em toda sua extensão. Entre as grandes questões ambientais da atualidade, a temática do clima e dos eventos extremos, desponta como importante fonte de riscos e imprevisibilidade. Buscar meios para a promoção da necessária adaptação ao contexto atual é uma necessidade cada vez mais urgente. A pesquisa buscou destacar a importância da promoção de medidas *LID* como forma de enfrentar o problema climático e seus efeitos urbanos.

O resultado mais evidente da pesquisa, indica que apenas três dos municípios investigados, têm previsão legal de adoção de medidas *LID*, o que reflete uma cultura sanitarista de afastamento das águas na contramão da cultura sustentável de promover a infiltração. A escassez da legislação nesse sentido, revela a abordagem técnica tradicional que vem sendo reproduzida de longa data e que precisa ser alterada em virtude do novo cenário de riscos climáticos.

Evidencia-se assim um importante descompasso entre a urgência de medidas adaptativas e a legislação existente numa amostragem de municípios que são vulneráveis a eventos climáticos relacionados com enchentes, alagamentos e deslizamentos de massa. As medidas *LID* já disponíveis pelo mundo, são exemplos concretos de adoção de iniciativas que podem mitigar os efeitos de novos eventos climáticos extremos.

A inadequação da legislação na amostra avaliada é o principal entrave a ser superado, ao menos por parte do Direito como parte do processo de adaptação às mudanças do clima. Como apontado, a análise da legislação de Plano Diretor Municipal, Plano Diretor de Drenagem Urbana, Código de Obras, Código de Edificações, Lei de Parcelamento do Solo Municipal e Lei Municipal de Proteção Ambiental, indicou que somente três, dos dezenove municípios pesquisados, apresentam a previsão legal de infraestruturas *LID*, o que revela um grau considerável de inadaptação que precisa ser corrigido para proporcionar a implementação dessas soluções técnicas quando elas forem indicadas ao caso concreto de cada município.

Entretanto, tais infraestruturas fazem parte de um contexto maior de planejamento urbano e não podem ser implementadas sem previsão legal, considerando a necessidade de legalidade dos atos da administração pública. Assim sendo, da forma como está estruturado, ante a ausência de previsão legislativa,

cria-se um obstáculo insuperável para a adaptação das cidades utilizando essas alternativas técnicas que apresentam resultados positivos em várias partes do mundo.

Outro elemento a ser destacado é a mudança de cultura sobre o planejamento das cidades, que passa pela educação ambiental. A sociedade precisa compreender o que são as medidas não estruturais para entender sua relação com elas. A educação ambiental em todos os níveis e a inclusão dos temas sobre as soluções *LIDs* nos cursos de formação profissional, podem contribuir para a evolução mais sustentável das cidades e sua adaptação às mudanças climáticas.

Os estudos constataam, a ocorrência de dificuldades em relação à compreensão e disseminação do conhecimento sobre o funcionamento das *LIDs*, o que resulta na falta de equipes técnicas qualificadas para conceber as soluções. Esta mesma deficiência afeta a realização de estudos complexos para conhecer a bacia e suas características, calcular custos, coragem para inovar e, a premissa de todas as mudanças: consciência em relação a realidade das mudanças climáticas.

A pesquisa busca assim contribuir para o conjunto de medidas e processo de tomada de decisões necessárias ao enfrentamento das mudanças climáticas, naquilo que elas mais afetam a sociedade, com destaque aos trágicos efeitos das chuvas em excesso sobre os meios hídricos.

Não se trata de apontar responsabilidades, mas sim de contribuir com o desenvolvimento sustentável por meio da indicação de necessidade de incrementos na legislação municipal a fim de dar a adequada base legal para novas soluções técnicas que carecem de uma mudança de mentalidade sobre como fazer a gestão da água, uma vez que o excesso e a escassez são problemas equivalentes.

Não se espera que apenas essas medidas possam alterar sozinhas a realidade de crise climática, mas certamente são elementos importantes que, no conjunto de outras decisões de adaptação, deverão repercutir de forma positiva no enfrentamento das consequências das mudanças climáticas sobre os centros urbanos.

Manter as normas jurídicas pertinentes da forma como estão implica contribuir com a realidade de riscos já conhecidos que, possivelmente, em breve, irão se materializar em novas ocorrências catastróficas. Preterir a utilização de soluções técnicas já testadas e exitosas e não promover as devidas alterações legais representa um típico trabalho de Sísifo, ou seja, um desperdício de recursos, vida e futuro.

O mito de Sísifo é trágico porque seu herói é consciente, como formulou o filósofo Albert Camus, que utilizou Sísifo como alegoria para tratar de questões existenciais. Não promover a adaptação, tendo à disposição meios concretos e eficazes para tal diferencial evolutivo e para a preservação do meio ambiente como um todo, é render-se ao fatalismo pela inércia e omissão conscientes.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. 2024. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2023* – Informe Anual. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- BACCHIN, Taneha. *Universidade de Tecnologia de Delft*. Disponível em: <<https://www.tudelft.nl/staff/t.bacchin>>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- BRASIL. *Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021*. Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm>. Acesso em: 7 maio 2024.
- _____. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 3 maio 2024.
- _____. *Lei nº 15.434 de 09/01/2020*. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=388665>>. Acesso em: 27 abr. 2024.
- _____. *Lei nº 12.187 de 29/12/2009*. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PCMC. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- CIDRACK, R. B. S; MOURA, N. C. B. *Narrativas Entre Cidades Brasileiras e a Cidade Esponja Chinesa*: Tessituras Históricas, Pontes, Amanhãs. XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas 2. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: ABRHidro. 2022. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=189>>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- DAVIDOVISTCH, LÉO. *Estado da arte das técnicas de desenvolvimento de baixo impacto aplicadas no controle da drenagem urbana*. 2020. 101 f. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Hídrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.
- DEUTSCHEWELLE (DW). *Os modelos “cidades-esponja” que já existem no Brasil*. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/os-modelos-cidades-esponja-que-j%C3%A1-existem-no-brasil/a-69353578>>. Acesso em: 2 ago. 2024.
- EMATER – Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. *Impactos das chuvas e cheias extremas no Rio Grande do Sul em maio de 2024*. Disponível em: <<https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- ENGELMANN, Wilson. *A nanotecnociência como uma revolução científica: os Direitos Humanos e uma (nova) filosofia na ciência*. Constituição, sistemas e hermenêutica: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos, Porto Alegre, São Leopoldo, 2010.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul. *Boletim Informativo de 14 de junho de 2024*. Disponível em: <<https://www.estado.rs.gov.br/boletins-sobre-o-impacto-das-chuvas-no-rs>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

_____. SPGG. *Desastres naturais no Rio Grande do Sul: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021*. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Departamento de Planejamento Governamental. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022. Disponível em: <///C:/Users/Usuario/Downloads/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

FIOCRUZ. Observatório de Clima e Saúde (2022). ICICT. *Origens dos eventos climáticos e meteorológicos extremos*. Disponível em: <<https://climaesaude.iciet.fiocruz.br/tema/eventos-extremos>>. Acesso em: 23 de jun.2024.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. (2009). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: UFRGS.

HERNANDEZ, L. C.; SZIGETHY, L. *Controle de enchentes: Exemplos do uso da tecnologia e inovação para o controle de enchentes*. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-enchentes>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. As contribuições do GEDN, e do LabClima, nas análises dos desastres socionaturais em Santa Catarina. *Cadernos Geográficos*, Santa Catarina, n. 36, 2016, p. 20-26.

IPCC, 2018. *Global Warming of 1.5 °C*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf#%5B%7B%22num%22%3A585%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22FitH%22%7D%2C792%5D>. Acesso em: 3 ago. 2024.

_____. , 2022. *Mudança Climática 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3.056 p., doi: 10.1017/9781009325844. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>> Acesso em: 27 abr 2024.

MAROSTICA, S. D. *Método de Aplicação de Técnicas de Baixo Impacto (Lid) no Controle dos Alagamentos Urbanos: O caso da sub-bacia do Arroio Dilúvio, RS*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

MONTEIRO, J. B. *Desastres Naturais no Estado do Ceará: Uma Análise de Episódios Pluviométricos Extremos*. 2016. Tese de Doutorado em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

_____. ; ZANELLA, M. E. Desnaturalizando o desastre: as diferentes concepções teóricas que envolvem o conceito de desastre natural. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, [S. l.], v. 21, n. 1, 2019, p. 40-54. DOI: 10.35701/rcgs.v21n1.437. Disponível em: <<http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/437>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MOREIRA, E. C. *Compreensão dos impactos geológicos de inundações e deslizamentos de terra (Lecture)*, Conselho Regional de Engenharia – CREA/RS, Porto Alegre, RS, 20 a 24 de maio de 2024.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 8 ago. 2024.

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS. *Soluções. Cidades Esponja*. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/solucoes/cidade-esponja_5cd877282a1cbc1d116811b8>. Acesso em: 7 ago. 2024.

PORTLAND. OREGON. *Manual de Gestão de Águas Pluviais 2020*. Disponível em: <<https://www.portland.gov/bes/stormwater/swmm#toc-vegetation-and-soils>>. Acesso em: 1º ago. 2024.

SARLET, Ingo Wolfgang; WEDY, Gabriel; FENTERSEIFER, Tiago. *Curso de Direito Climático*. São Paulo: Thomson Reuters, 2023.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. *G020 – Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos*. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>>. Acesso em: jul. 2024.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Capítulo 2.

TUCCI, C. E. M. *Controle de Enchentes em: Hidrologia. Ciência e Aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, ABRH, 2001.

WEYERMÜLLER, André Rafael. *Água e Adaptação Ambiental: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção*. Curitiba: Juruá, 2014.

YIN, R. K. ESTUDO DE CASO: *Planejamento e Métodos*. 2. ed. Tradução de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZERO HORA, *Reportagem especial*, 2024. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2024/06/>>. Acesso em: 23 jun. 2024.