

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

CIDADES SUSTENTÁVEIS: CONSIDERAÇÕES E ESTRATÉGIAS SOBRE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Raphael Henrique dos Santos Batista,
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE / Campus Recife,
rhsb@discente.ifpe.edu.br

Tiago Dantas Sebastião da Silva,
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE / Campus Recife,
tdss1@discente.ifpe.edu.br

Eduardo José Alcício de Oliveira,
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE / Campus Recife,
eduardoalcicio@recife.ifpe.edu.br

Ronaldo Faustino da Silva,
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE / Campus Recife,
ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

Marília Regina Costa Castro Lyra,
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE / Campus Recife,
marilialyra@recife.ifpe.edu.br

Resumo

A infraestrutura das cidades entrelaçadas com o uso e ocupação do solo urbano, diante do escoamento superficial das águas pluviais é proporcional à impermeabilização, relacionado à densidade populacional, acarretando um ciclo hidrológico em desequilíbrio, aumentando exponencialmente o escoamento do volume de água superficial direcionada ao sistema de drenagem, e como resultado ocorrem eventos de enxurradas, alagamentos e inundações, originárias de fatores naturais e antrópicos. O estudo enfatiza que a infraestrutura urbana, juntamente com o uso e ocupação do solo, contribui negativamente para o escoamento superficial, causando desequilíbrios hidrológicos e resultando em problemas como enxurradas, alagamentos e inundações, de origem tanto natural quanto antrópica. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica em nível nacional sobre a drenagem urbana de forma sustentável com Sistemas Baseados em Natureza (SbN), por meio de uma metodologia de revisão literária. Os resultados obtidos corroboram com a ideia de que a drenagem sustentável é mais vantajosa do que a forma tradicional de manejo das águas pluviais. A pesquisa mostra que existem técnicas sustentáveis de drenagem urbana como soluções alternativas, econômicas e viáveis, alinhadas com normativas nacionais e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Diversos programas governamentais incentivam e apoiam estrategicamente a implementação integrada de soluções de drenagem sustentável, contemplando os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Desenvolvimento, Escoamento Pluvial, SbN, Sustentabilidade.



1. Introdução

O crescimento populacional nas cidades, a ocupação territorial e o fluxo populacional urbano têm impactado significativamente os centros urbanos. O processo de drenagem das águas pluviais é crucial para o desenvolvimento das cidades e qualidade da população, exigindo amplas perspectivas sobre aspectos políticos e de sustentabilidade. O contexto social, político e econômico do desenvolvimento urbano com foco nos recursos humanos e naturais, forja-se perante as singularidades das estruturas formais e informais, levando a uma intensificação da transformação e interferência antrópica nas cidades, caracterizada pelo metabolismo urbano que exige e consome recursos, impactando negativamente os ciclos naturais e a recuperação de recursos (Pereira, Simplício e Donadi, 2019).

Os sistemas de drenagem urbana tem como finalidade permitir o controle dos impactos causados pela impermeabilização do solo, como aumento da vazão e enchentes urbanas. Eles são responsáveis pelas medidas de infraestrutura para captação e condução das águas das chuvas nas cidades (Almeida, 2020). As enchentes urbanas são sustentadas pela impermeabilização do solo, a pavimentação das ruas e cimentação do solo são fatores responsáveis por elas, afetando a infiltração das águas transferidas e elevando a velocidade de escoamento superficial. Infelizmente, o atual sistema de drenagem aplicados nas cidades intensifica a máxima das cheias em menos tempo (Almeida, 2020).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no Brasil, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, fornece dados sobre os serviços públicos de gestão e disposição das águas urbanas. Também inclui variáveis, informações financeiras e informações de infraestrutura. Esse componente relata diagnóstica a existência ou ausência de soluções naturais para a gestão da água, como barreiras de infiltração, reservatórios e parques lineares nas cidades (Mendes e Santos, 2022). As abordagens para gerenciar as águas urbanas com o uso de tecnologias já existem, especialmente águas pluviais, de forma eficaz, integrada e sustentável, com viabilidade financeira. No entanto, a consolidação da transição dos modelos convencionais para os sustentáveis é um desafio de gestão das águas urbanas com relação aos aspectos institucionais, não quanto aos aspectos técnicos (Mendes e Santos, 2022).

Assim, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a importância das cidades sustentáveis, com foco nos aspectos relacionados à drenagem urbana e ao tratamento de água utilizando Sistemas Baseados em Natureza (SbN). A pesquisa busca destacar as considerações pertinentes e as estratégias, ferramentas e técnicas recomendadas no desenvolvimento de espaços urbanos inteligentes. A temática abordada neste estudo envolve aspectos interdisciplinares, proporcionando uma oportunidade para a exploração, em diversas áreas de conhecimento. Ao examinar a drenagem urbana e o tratamento de água sob a perspectiva dos SbN, o artigo visa enfatizar a importância dessas abordagens inovadoras e ecologicamente conscientes, ressaltando seu potencial para promover um ambiente urbano mais sustentável, resiliente e ambientalmente responsável.

Nesse contexto, a revisão bibliográfica empreendida tem como propósito fornecer uma análise crítica e abrangente das informações disponíveis sobre o assunto, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento científico e para o estímulo à adoção de medidas sustentáveis nos

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

projetos e planos urbanos. A integração de soluções sustentáveis de drenagem e tratamento de água utilizando SbN pode ser uma poderosa ferramenta para aprimorar a qualidade de vida nas cidades, mitigar os impactos ambientais negativos principalmente em relação a drenagem urbana e proporcionar um desenvolvimento urbano mais equitativo e harmonioso.

2. Fundamentação teórica

Uma cidade sustentável é democrática e justa, contemplando as necessidades urbanas básicas e de infraestrutura da população. Essa teoria é crucial para ajudar a oferecer uma boa qualidade de vida aos habitantes, abordando os aspectos social, econômica, institucional, ambiental/ecológica, cultural, política e territorial. (Pereira, Simplício e Donadi, 2019).

O conceito amplamente expresso de cidade sustentável define que: “uma cidade que atende às necessidades de seus cidadãos atuais sem levar à falência os recursos das gerações futuras em todo o mundo” (Roger-Machart, 1997). Gentil (2018) destaca que “a forma urbana pode ser definida como a delimitação física da cidade, espaço onde ocorre a vida social que está em constante transformação”. As cidades sustentáveis priorizam a implementação de práticas efetivas de infraestrutura para atender aos critérios de sustentabilidade preconizados no relatório de *Brundtland* e da Agenda 21, com foco nos direitos individuais e sociais (Fabris *et al.*, 2020). As cidades podem contribuir para o desenvolvimento sustentável global de várias maneiras, como exigir custos per capita mais baixos para infraestrutura como saneamento e tratamento de água, aumentar a reciclagem de produtos, reduzir a quantidade de veículos automotores e uso de combustível fóssil, incentivando e melhorando a disponibilidade de transporte público, bicicletas e percursos pedestres (Ress e Wackernagel, 1996, p.242).

A legislação é a base para proteger a qualidade ambiental, recursos hídricos e solo, conservar a biodiversidade, garantir o desenvolvimento sustentável. O ordenamento jurídico brasileiro previu expressamente o direito à cidade sustentável, como uma diretriz geral de política urbana nacional, presente no art.2º, I do Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001). Sua finalidade é estabelecer as diretrizes gerais da política urbana, regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal. Os elementos normativos das cidades sustentáveis incluem moradia, serviços públicos adequados, gestão democrática, mobilidade urbana, planejamento urbano, proteção do patrimônio histórico, artístico, cultural e paisagístico, proteção ambiental, saneamento básico e lazer. Esses direitos podem ser concebidos individualmente e convergindo em direitos coletivos da cidade (Mello, 2017, p. 448). A participação democrática é fundamental para a formação do direito a cidadãos a cidade sustentável. A gestão moderna pressupõe a participação popular, pois os habitantes têm o direito de ser tratados com igualdade no processo de formação de decisões em suas comunidades, tendo em vista que a política de desenvolvimento urbano sustentável visa o bem-estar desta área e considera a participação é essencial (Mello, 2017, p. 453). Nos aspectos de cidades sustentáveis, com destaque para drenagem urbana, ou seja, a entrada do volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado nas áreas urbanas, mediante os fenômenos naturais e ações antrópicas, encontramos relevantes impactos se relacionam com os aspectos de infiltração e escoamento, pela maior impermeabilização do solo ou o rápido escoamento da precipitação, aumentando o risco de prejuízos e inundações (Almeida,

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

2020). As enchentes urbanas são causadas pelo crescimento populacional desordenado em grandes centros urbanos, levando redução cobertura vegetal e desequilíbrio do ciclo hidrológico natural. Primeiros motivos para intensificação dos eventos drásticos com chuva, impermeabilização do solo, aumento de ilhas de calor, e disposição de resíduos (Rocha e Alencar, 2021).

O Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei Federal nº 14.026/2020) trata da drenagem urbana, onde eventos climáticos extremos podem causar alagamentos e enchentes, causando significativos impactos sociais, econômicos e de saúde pública. O aumento da densidade urbana e o desequilíbrio do ciclo hidrológico urbano são preocupantes, sendo o escoamento superficial hídrico mais amplo do que a permeabilização do solo, contribuindo também nessa característica, a redução das áreas verdes devido às construções residenciais e comerciais, consequentemente, potencializando e amplificando o processo de impermeabilização.

Surgiram como uma alternativa à drenagem urbana convencional, os sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*). Esses sistemas controlam e gerenciam as águas pluviais, aumentando a taxa de infiltração da chuva e minimizando os impactos negativos do escoamento superficial. Eles gerenciam diretamente os riscos do alagamento e preservam a bacia hidrológica (Almeida, 2020). São destacados 12 tipos de sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) de acordo Almeida (2020):

- 1 Sistemas de captação de água da chuva - são usados para reutilização futura em atividades de baixo consumo de água. A água é captada através de telhas verdes ou áreas impermeáveis, armazenada, tratada e utilizada para fins domésticos e industriais como gramados, jardins e esgoto sanitário.

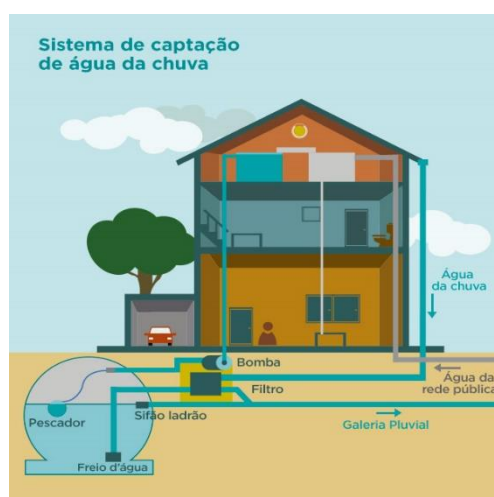


Figura 1. Sistema de Captação de água da chuva. Fonte: (Silva, 2022)

- 2 Telhados verdes - são áreas vegetadas instaladas em edifícios como revestimento final, criando um espaço multifuncional com benefícios estéticos, valor ecológico e melhorias térmicas, reduzindo a temperatura e minimizando o escoamento superficial das águas;

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Figura 2. Telhados Verdes Fonte: (Arte vegetal paisagismo, 2017)

- 3 Sistema de infiltração - é composto por diversos componentes de drenagem, ressaltando as taxas de escoamento superficial e aumentando a recarga das águas subterrâneas, são como poços, trincheiras e bacias, com canais e zonas nas quais o escoamento ou armazenamento de água pluvial. A permeabilidade do solo no local depende da taxa de infiltração por esses sistemas oferecida;

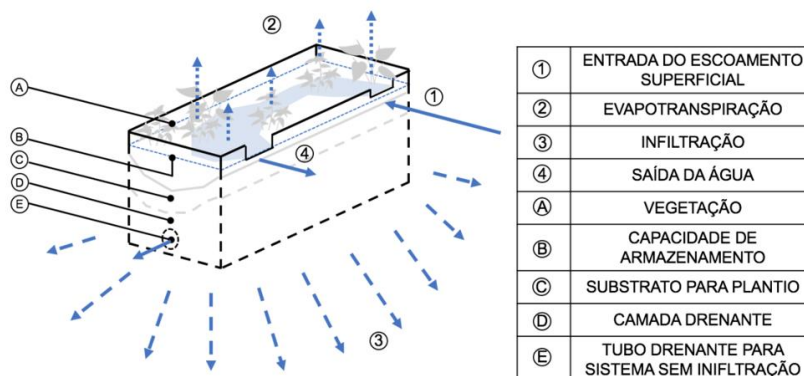


Figura 3. Esquema simplificado da estrutura e dinâmica hídrica de um canteiro pluvial. **Fonte:** (Pereira *et al.*, 2021)

- 4 Sistemas de tratamento urbana - são projetados para remover poluentes específicos como óleo e particulados da areia superficial, tornando-os essenciais em áreas com restrições locais que dificultam o uso de outros métodos.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Modelo ilustrativo de uma Estação de Tratamento de Esgoto

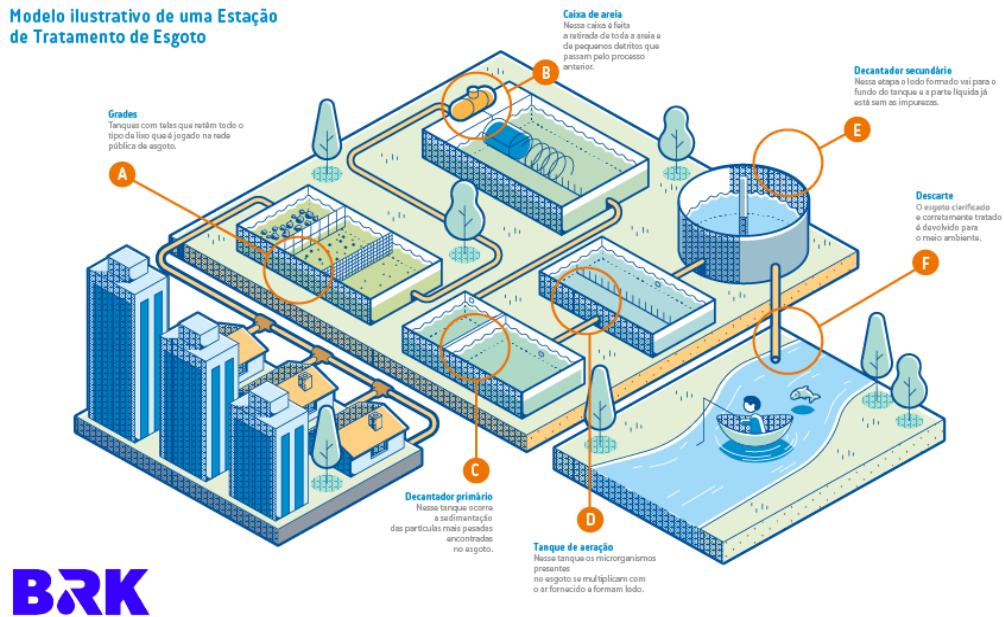


Figura 4. Modelo Ilustrativo de uma Estação de Tratamento de Esgoto. Fonte: (BRK ambiental, 2020)

- Faixas filtrantes - são trilhas inclinadas com vegetação densa, implantadas para receber e tratar águas pluviais. As trilhas são utilizadas para pré-tratamento do escoamento, promovendo sedimentação, filtração e infiltração, instalados com outros componentes, como biorretenção e valas, os trilhos permitem prolongar a vida útil das áreas e formar tratamento de chuva, quando o comprimento da faixa é suficientemente eficaz para aqueles;

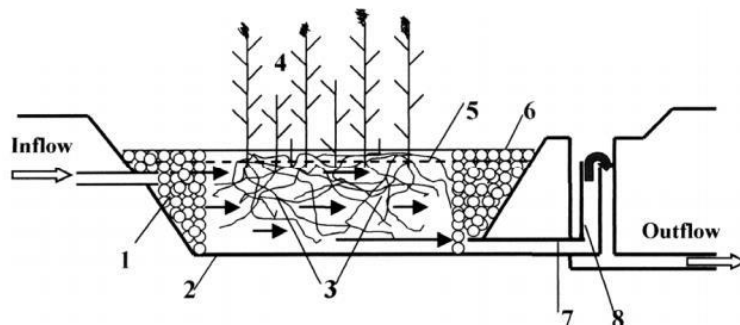


Figura 5. Jardim Filtrante de fluxo horizontal. Fonte: (Pinotti, 2022)

- Valas revestidas com cobertura vegetal (Swales) - canais abertos de desenvolvimento longitudinal, com valas padrões em forma triangular, trapezoidal ou curva, cobertas por vegetação específica, objetivando armazenar e retardar o escoamento da água pluvial, facilitando a sedimentação, filtração, evapotranspiração, e infiltração no solo;

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Figura 6. Vala revestida por cobertura vegetal integrada à zona urbana. Fonte: (Almeida, 2020)

- 7 Sistemas de biorretenção - são depressões em superfície com pouca profundidade, objetivando armazenar e infiltrar escoamentos, também tratando poluentes com sua composição de solo e vegetação. Proporciona também um atrativo paisagístico, auto irrigantes e férteis, favorecem o habitat e a biodiversidade local, e fornecem resfriamento do microclima à evapotranspiração;



Figura 7. Representação esquemática de um sistema clássico de biorretenção. Fonte: (Davidovitsch *et al.*, 2023)

- 8 Pavimentos permeáveis - caracterizados de duas formas: porosos, permite a infiltração da água por toda a superfície na qual é instalada, e permeáveis, formados por material impermeável com vazios em toda a sua extensão, permitindo a infiltração de água;

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

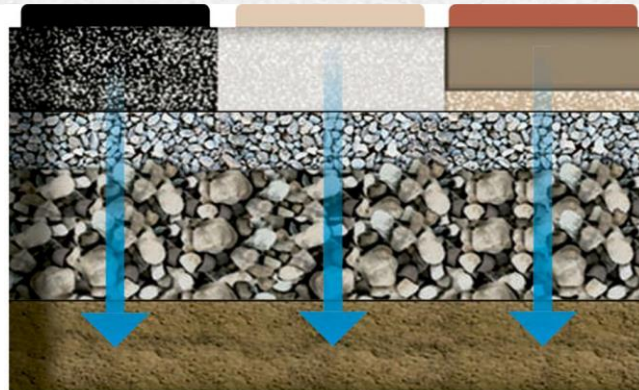


Figura 8. Seção transversal genérica de pavimentos permeáveis. Fonte: (Faustino, 2022)

- 9 Tanques de armazenamento e atenuação - são estruturas utilizadas para retenção das águas pluviais abaixo da superfície do solo, não possuem preenchimento por agregados, o que ajuda a ter um maior volume de armazenamento, versatilidade em termos de tamanho e forma, permitindo adaptação aos recursos específicos, possíveis de instalação abaixo da superfície de estradas e parques de estacionamentos, resistindo às condições do trânsito e em espaços públicos abertos; Bacias de detenção - armazenamento de água pluvial em determinado período, controlando os volumes chegando à rede de drenagem;



Figura 9. Sistema de aproveitamento de água de chuva. Fonte: (Pontes, 2023)

- 10 Lagoas e zonas úmidas (Wetlands) - Lagoas de água permanentes ajudam a atenuar e tratar o escoamento das águas pluviais. áreas pouco pantanosas, considerada zonas úmidas, com vegetação aquática submersa auxiliando o tratamento da água, esperançosa à amenidade e biodiversidade do sistema, com vegetação densa, que atua na retenção de contaminantes, decomposição aeróbica, estabilização dos sedimentos e prevenção da ressuspensão.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

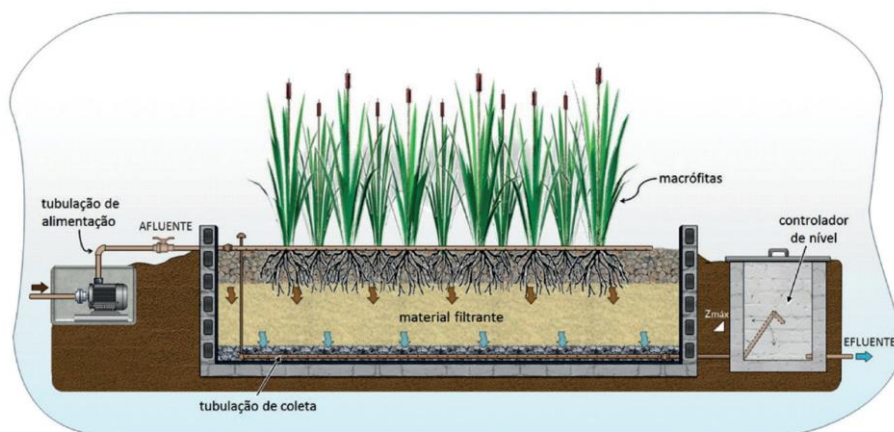


Figura 10. Representação de um wetland construído subsuperficial horizontal. Fonte: (Valença *et al.*, 2023)

2. Metodologia

O presente estudo valida-se por uma **revisão de literatura**, ao destacar-se por um processo de investigação e interpretação de dados de diversas fontes relacionadas a temática central, como revistas científicas, livros, resumos e artigos, selecionados em bases digitais de pesquisa científica com acesso liberado de fontes preconizados por vários pesquisadores e estudiosos, que corroboram nas contribuições acadêmicas para demonstrar a relevância da pesquisa. A **metodologia** caracteriza-se numa dissertação narrativa tradicional, permitindo explorar os pressupostos centrais relacionados a temática. Para tanto, o referencial teórico selecionado é arbitrariamente dentro de uma correlação de coesão e lógica, sintetizando rigorosamente todas as pesquisas relacionadas com argumentos cientificamente sólidos que convergem para uma percepção objetiva, em aspectos representativos e relevantes para compor uma alternativa ou hipótese favorável e idônea. Possui uma **abordagem** interdisciplinar, pois busca esclarecer a temática, recorrendo aos vários conhecimentos e fundamentação teórica para análise de uma determinada premissa e suas considerações, interligando os saberes, ou seja, cada conhecimento/ciência que contribui com informações próprias do seu campo de aplicação, mas numa perspectiva holística, permitindo conexões entre os elementos citados, harmonizando os saberes numa proposta de lucidez, sensibilização e valorização da centralidade da pesquisa. A **base de pesquisa** foram as plataformas da Capes Cafe, Google Acadêmico e Scielo. Sendo as fontes classificadas em fontes primárias, ou seja, em total originalidade, como documentos legislativos e documentos oficiais do governo, tal qual escrito sem acréscimos e críticas, apenas parafraseando as considerações; e fontes secundárias, que são organizadas e reorganizadas a partir de fontes primárias com base na análise e interpretação de publicações acadêmicas, institucionais e informativas, nas características da metodologia e abordagem supracitadas. Utilizou-se de temas realicados ao título, “Cidades Sustentáveis” e “Drenagem Urbana”, individualizados e com os conectivos de pesquisa. A pesquisa explora elementos **qualitativos**, ou seja, investigações estruturadas que busca aprofundar informações da temática desejada,



adquirindo informações para interpretar a funcionalidades, concepções, pensamentos e atitudes, compreendendo a razão pela percepção das aplicações preconizadas de forma concreta; e **quantitativos**, pois fornece dados numéricos, considerados importantes para o contexto dos fatos e padrões da pesquisa.

3. Resultados

Segundo Monzoni e Carreira (2021), o *Stockholm Resilience Institute*, publicou em 2009 um relatório que foi apresentado na Assembleia Geral do Clube Roma em Amesterdão e uma versão editada foi publicada numa edição especial da Nature do mesmo ano sobre os limites planetários, e em 2015 o respectivo relatório foi atualizado, revelando que a humanidade está vivendo além de um espaço operacional seguro para quatro dos nove limites planetários: mudanças climáticas, biodiversidade, mudanças no sistema terrestre e fluxos biogeoquímicos.

O Brasil dispõe de instrumentos para orientar suas ações setoriais, com base na Lei nº 14.026/2020, que garante a efetiva prestação de serviços estruturais com normas que orientam a gestão de desastres, o controle da poluição da água e do solo e promovem soluções integradas para infraestruturas urbanas baseadas em fluxos dinâmicos e naturais, a normativa fornece diretrizes para regulamentação, investimento e planejamento (Mendes e Santos, 2022). A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2021) informa que os desastres naturais que mais causam perdas humanas em todo o mundo são regimes de precipitação, causando aproximadamente 1,3 milhão de mortes entre 1970 e 2019. Os registros do SNIS-AP mostram que apenas uma pequena parcela dos municípios adota soluções sustentáveis de drenagem, como infiltração e armazenamento temporário. Das 3.653 cidades, apenas 855 (23,4%) utilizam estas soluções, sendo as infraestruturas de drenagem natural as mais adotadas (Brasil, 2020a). Podemos observar nos municípios com algum sistema natural de drenagem (Figura 1). O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) revela o número de municípios com soluções de drenagem natural baseadas em seus sistemas existentes (Tabela 1). A maioria dos municípios possui válvulas ou trincheiras para infiltração, enquanto o percentual de municípios que utilizam sistemas exclusivos é maior (302 municípios). No entanto, 61 municípios declararam a existência de outros sistemas de drenagem urbana, representando 20,7% da amostra. O SNIS não especifica quais sistemas estão incluídos nesta categoria (Mendes e Santos, 2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

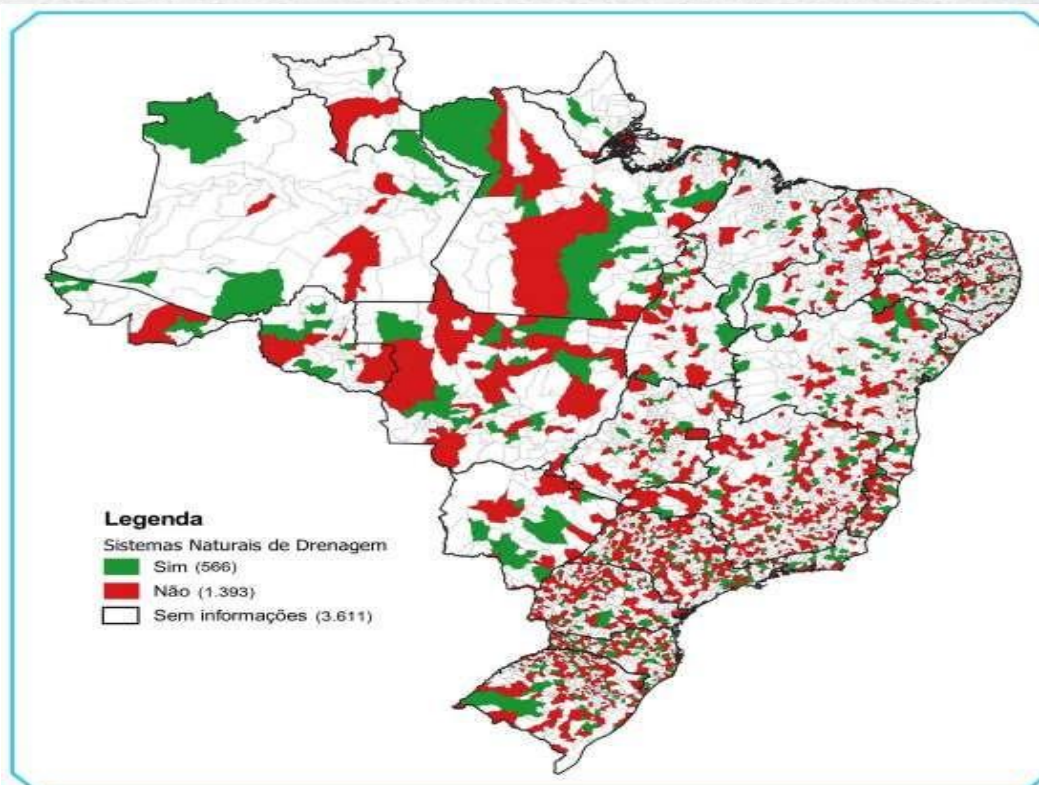


Figura 11. Municípios com algum sistema natural de drenagem. Fonte: (Mendes; Santos, 2022)

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

Gráfico 1. Número de municípios com algum sistema de drenagem natural por tipo de sistema existente. Fonte: (Mendes e Santos, 2022)

Nos aspectos normativos, podemos contar com o PMAP, também conhecido como Planode Drenagem ou Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais, um instrumento que fornece diagnósticos e recomendações para prevenir e controlar os riscos decorrentes do uso da água edos recursos hidrológicos nos municípios. Centra-se nas atividades humanas na bacia hidrográfica, com objetivos específicos para preservar vidas, reduzir danos e proteger as pessoas e o meio ambiente, especialmente áreas urbanas (Mendes e Santos, 2022; Ipea, 2022). Esse plano para plena efetividade, conta com o “Manual para Apresentação de Propostaspara Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais do MDR”, umdocumento voltado para os municípios que buscam “acesso aos recursos da União”, a Ação Orçamentária 10SG, descreve

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

instruções para projetos de sustentabilidade e visão ampla dos impactos das águas da chuva para projetos sustentáveis, incluindo aquíferos de chuva; deve focar princípios de desenvolvimento de baixo impacto e ser executado a partir de um plano bem estruturado (Brasil, 2012; 2020b). A União investiu R\$ 7,86 bilhões entre 2000-2018, sendo 54,3% na Ação 10SG, R\$ 6,87 bilhões em infraestrutura de drenagem urbana. Cerca de R\$ 152,44 Milhões foram investidos em projetos drenagem no combate a doenças e agravos, R\$ 567,02 milhões na construção contenções para enchentes e R\$ 275,96 milhões em sistemas de informação (Mendes; Santos, 2022; Ipea, 2022). Investimentos total da União por tipo de destinação em percentual em ações de drenagem urbana (Gráfico 1).



Gráfico 2. Total de investimentos da União em ações de drenagem urbana por tipo de destinação (em %).
Fonte: (Mendes e Santos, 2022)

Segundo Rocha e Alencar (2021), a drenagem urbana sustentável, quando efetivamente implementada, desempenha um papel fundamental na busca pelos objetivos estabelecidos na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Essa abordagem alinha-se de maneira consistente com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), contribuindo para a construção de cidades mais resilientes, saudáveis e equitativas. Os ODS 1, 3, 6, 9, 11, 13 e 15 são particularmente destacados nesse contexto. **O ODS 1** visa a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões. A drenagem urbana sustentável contribui para esse objetivo, proporcionando infraestrutura adequada em comunidades urbanas, especialmente nas áreas mais vulneráveis. A implementação de sistemas de drenagem eficazes ajuda a evitar enchentes e inundações, minimizando danos a moradias, infraestrutura e meios de subsistência, e protegendo as populações de baixa renda. **O ODS 3** - promoção de saúde e bem-estar para todos: a drenagem urbana sustentável contribui para esse objetivo ao melhorar a qualidade do ambiente urbano. Sistemas de drenagem adequados reduzem o risco de doenças relacionadas à água, como a cólera, e também mitigam a proliferação de vetores de doenças, como os mosquitos transmissores da dengue. Assim, a população desfruta de ambientes mais saudáveis e seguros para viver. A água limpa e o saneamento são foco do **ODS 6**: a drenagem sustentável está diretamente ligada a esse objetivo, pois contribui para a gestão responsável dos recursos hídricos urbanos. Sistemas de drenagem bem projetados capturam, tratam e infiltram a água da chuva, reduzindo a poluição das águas superficiais e subterrâneas. Isso resulta em rios mais limpos, lençóis freáticos recarregados

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

e uma gestão mais eficiente da água. O **ODS 9** - infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação: a drenagem urbana sustentável contribui para esse objetivo ao incentivar a adoção de práticas inovadoras de planejamento urbano e engenharia civil. Soluções como telhados verdes, pavimentos permeáveis e áreas de retenção de água não apenas melhoram a drenagem, mas também promovem a sustentabilidade e a resiliência das cidades. O **ODS 11** - cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis: a drenagem sustentável desempenha um papel crucial nesse sentido, pois reduz os riscos de desastres naturais e melhora a qualidade de vida dos moradores urbanos. Além disso, ela contribui para a criação de espaços públicos mais agradáveis e acessíveis, fortalecendo o senso de comunidade e pertencimento. Mudanças climáticas, abordado pelo **ODS 13**: é atenuado pela drenagem urbana sustentável, essa abordagem ajuda a minimizar os impactos das enchentes e inundações, que podem ser exacerbados pelas alterações climáticas. Ao gerenciar eficientemente a água da chuva, as cidades se tornam mais preparadas para eventos climáticos extremos, protegendo vidas e propriedades. Por fim, o **ODS 15**: vida terrestre e da preservação dos ecossistemas terrestres e aquáticos. A drenagem urbana sustentável, por meio de técnicas como a conservação de áreas úmidas e a promoção da vegetação nativa, contribui para a proteção dos recursos naturais das cidades. Isso resulta em uma maior biodiversidade urbana e na preservação de ecossistemas valiosos.

Logo, a drenagem urbana sustentável é um pilar fundamental para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Ao abordar questões como pobreza, saúde, água, infraestrutura, resiliência, mudanças climáticas e biodiversidade, essa abordagem oferece benefícios abrangentes e duradouros para as cidades e seus habitantes (Rocha e Alencar, 2021). Os demais ODS também são possíveis de conexões com o assunto central da pesquisa, todavia, consideramos a abordagem dos autores supracitados sucinta e coerente por elucidar as soluções de propostas promissoras que merecem prosseguimento em suas discussões para aplicabilidade do presente momento e futuro, visto esses princípios mesmo sendo aperfeiçoados ao longo do tempo, não perderem sua eficiência e eficácia, pois são atemporais.

4. Conclusões

O aprimoramento de procedimento construtivos, objetiva o desenvolvimento e implementação de técnicas e métodos para a eficiência e eficácia de uma infraestrutura urbana, principalmente no que versa o controle do uso e ocupação do solo urbano, e os equilíbrios entre escoamento superficial e a permeabilidade do solo. Os sistemas de drenagem pluvial urbano reduzem os volumes acumulados de água, permitindo um equilíbrio satisfatório entre desenvolvimento sustentável e urbanização, atendendo ao máximo a função natural, todavia, ainda encontramos precariedade nos sistemas existentes. As considerações e estratégias dos Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*), implantados ao redor do mundo, estão sendo alternativas excelentes na complementação e melhoria dos sistemas de drenagens das cidades com deficiência no escoamento das águas pluviais. As soluções propostas são compostas por diversos elementos, e a depender da necessidade e contexto de aplicação, busca-se a utilização da estratégia condizente com a



realidade. A filosofia e métodos são efetivamente comprovados em diversos estudos com exemplos factíveis. Em suma, a bases citadas, referenciadas e defendidas nesse estudo, coadunam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nos parâmetros da Agenda 2030.

5. Agradecimentos (mudar os agradecimentos)

Agradecemos ao MPGA (Mestrado Profissional e Gestão Ambiental) e professores do IFPE Campus Recife que sempre acreditam no potencial dos discentes e nos motivam a ir ao máximo das nossas capacidades, contribuindo com muito conhecimento, profissionalismo, companheirismo, solidariedade e alegria.

6. Referências bibliográficas

*ALMEIDA, I. D. C. SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA: UMA PROPOSTA PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO PEDRO, EM JUIZ DE FORA - MG. **Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.**, JUIZ DE FORA – MG, 2020. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC2-Isis-de-Castro-Almeida1.pdf>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*ALMEIDA, Isis de castro. Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego São Pedro, em Juiz de Fora – MG. **Universidade Federal de Juiz de Fora - Faculdade de Engenharia.** Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2020/10/TFC2-Isis-de-Castro-Almeida1.pdf>. Acesso em: 23 de jul. de 2023.

*ARTE VEGETAL PAISAGISMO. Telhados Verdes. **Arte Vegetal**, 15 Dezembro 2017. Disponível em: <https://artevegetal.com.br/telhados-verdes/>. Acesso em: 30 Agosto 2023.

*BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts.182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 de julho de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 23 de jul. de 2023.

*BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 23 de jul. de 2023.

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

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

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

*BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais: **programa2218 – gestão de riscos e desastres**. Brasília: SNS; MDR, 2020b.

*BRK AMBIENTAL. Saneamento em Pauta. **BRK ambiental**, 2020. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/etapas-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 03 setembro 2023.

*DAVIDOVITSCH, L. et al. Tendências recentes na aplicação de técnicas de desenvolvimentos de baixo impacto (lid) para o controle da drenagem urbana. **Caderno de Geografia** (2023) v.33, Itajubá, 2023. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/28382/20694>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*FABRIS, J.; BERNARDY, R. J.; SEHNEM, S.; PIEKAS, A. A. S. Cidades Sustentáveis: Caminhos e Possibilidades. **Internacional Journal of Professional Business Review**, São Paulo (SP), v. 5, n. 2, pág. 214–233, 2020. DOI: 10.26668/businessreview/2020.v5i1.160. Disponível em: <https://www.openaccessojs.com/JBReview/article/view/160>. Acesso em: 23 jul. 2023.

*FAUSTINO, I. R. Q. Pavimentos permeáveis. **Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre**, Porto, setembro 2022. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/146157/2/595029.pdf>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*GENTIL, Caroline Duarte Alves. Influência da forma urbana na construção de um padrão de mobilidade urbana sustentável. In: **8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. 2018.

*MARTINS FILHO, F. M.; LUCAS, M. C.; wendland, e. Quantificação da interceptação da chuva em uma plantação de eucaliptos novos. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, São Carlos-SP, 2013. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i;url=https%3A%2F%2Fbrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com%2Fsumarios%2F155%2Ff2f16019b77dffdacb4db72c80e35ee7_c23bf043bd4dbf998e1b3176c2d8a16.pdf;psig=AOvVaw2yJJqMJ3pAhVT-J4VT7azq;ust=1693952469658000;source=images;cd=vfe;opi=8997. Acesso em: 04 setembro 2023.

*MELLO, Cláudio Ari. Elementos para uma teoria jurídica do direito à cidade. **Revista de Direito da Cidade**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 437-462, 2017. DOI: 10.12957/rdc.2017.26883. » <https://doi.org/10.12957/rdc.2017.26883>.

*MENDES, Alesi Teixeira; SANTOS, Gesmar Rosa dos. Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: o que falta para o Brasil adotar?. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília**: Ipea, 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11420/1/TD_2791.pdf. Acesso em: 24 de jul. de 2023.

*PEREIRA, Dionizio; SIMPLÍCIO, Eduardo; DONADI, Pedro. Cidades Sustentáveis. **TCC**.



Programa de Pós-Graduação em Administração e de Pós-Graduação em Economia FEA/PUC-SP. São Paulo, 2019.

*PEREIRA, M. C. S. et al. Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção. **Revista LABVERDE**, São Paulo, 07 dezembro 2021. Acesso em: 31 agosto 2023.

*PINOTTI, L. R. R. Uso de jardins filtrantes como alternativa de tecnologia social para o saneamento rural. **Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, para graduação em engenharia agrônoma**, Jaboticabal-SP, Fevereiro 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/216845>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*PONTES, A. I. D. Sistema de aproveitamento pluvial e validação de sensores para monitoramento da qualidade da água em tempo real. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil**, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/52044/1/DISSERTA%20An%20Iacy%20Domingos%20Pontes.pdf>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*REES, William; WACKERNAGEL, Mathis. Urban Ecological Footprints: Why Cities Cannot Be Sustainable - **And Why They Are a Key to Sustainability**. *Environment Impact Assess Rev*, [S. l.], v. 9255, n. 96, p. 223-248, 1996. DOI: 10.1016/S0195-9255(96)00022-4.

ROCHA, Serginho; ALENCAR, Karina de Moura Costa. Drenagem Urbana Sustentável. Disponível em: <https://envolverde.com.br/drenagem-urbana-sustentavel/>. Acesso em: 23 de jul. de 2023.

*ROGER-MACHART, Charlotte. A cidade sustentável – mito ou realidade?. **T;CP**, fevereiro de 1997.

*SILVA, L. C. Captação De Água Da Chuva: Uma Prática Sustentável Necessária. **Minas Bio Consultoria Ambiental**, 27 Abril 2022. Disponível em: <https://www.minasbioconsultoria.com/post/capta%20de-%20agua-da-chuva-uma-pratica-sustentavel-necessaria>. Acesso em: 30 ago. 2023.

*VALENÇA, G. O. et al. Wetlands construídos como sumidouros de carbono ou como fontes de emissão – uma revisão. **Mix Sustentável**, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/6227>. Acesso em: 04 setembro 2023.

*WMO - world meteorological organization. **WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)**. Geneve: WMO, 2021.