



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**INFRAESTRUTURA VERDE: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COMO
PRÁTICA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS –
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL/RJ**

Bruna da Silva

**ORIENTADOR: Prof. Dra. Erika Cortines
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida**

**TRÊS RIOS - RJ
MARÇO – 2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

**INFRAESTRUTURA VERDE: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COMO
PRÁTICA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS –
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL/RJ.**

Bruna da Silva

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

TRÊS RIOS - RJ
MARÇO - 2023

XXX

XXX Silva, Bruna, 2023.

Infraestrutura Verde: Soluções Baseadas na Natureza como Prática Sustentável para Mitigação de Desastres Naturais - Estudo de Caso Paraíba do Sul/RJ / Bruna da Silva 2023. _____ page 83: grafs., tabs.

Orientadora: Dra. Erika Cortines. Co-orientador: Fabio Souto de Almeida
Monografia (graduação) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios.

Bibliografia: pág 75-83.

1. palavras-chaves: Escoamento superficial, Cidade Sustentável, Enchentes, Jardim de chuva, Drenagem urbana

– Brasil – Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. III.

Título: Infraestrutura Verde: Soluções Baseadas na Natureza como Prática Sustentável para Mitigação de Desastres Naturais - Estudo de Caso no município de Paraíba do Sul/RJ.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

**INFRAESTRUTURA VERDE: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COMO
PRÁTICA SUSTENTÁVEL PARA MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS –
ESTUDO NO MUNICÍPIO DE CASO PARAÍBA DO SUL/RJ.**

Bruna da Silva

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em:

Banca examinadora

Prof.ª Dr.ª. Erika Cortines (Orientadora).

Prof. Dr. Fabio Souto de Almeida (Co-orientador).

Prof. Dr. Fábio Cardoso de Freitas.

Prof.ª Dr.ª. Máira Máira Freire Pecegueiro do Amaral

TRÊS RIOS - RJ
MARÇO – 2023

Dedicatória

*Dedico esta Monografia à minha família e aos
meus amigos que me incentivaram.*

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido o privilégio da vida e nela, eu ter fé, na qual posso me sustentar nos momentos mais difíceis e também pela minha saúde tanto física quanto mental para seguir minha caminhada. Também sou grata a Ele por escutar todas as minhas orações e nunca me desamparar.

Agradeço a minha mãe, Neuza por sempre me apoiar e sonhar junto comigo e por todas as vezes em que lutou (sozinha), abrindo mão de diversas coisas para si mesma, para conseguir me proporcionar todas as oportunidades em prol dos meus objetivos. Obrigada por ser essa mulher guerreira e batalhadora que sempre me ajudou, principalmente com meus estudos, me incentivando e não permitindo com que eu desistisse de nada nessa vida. Você me deu coragem para enfrentar todos os desafios nessa trajetória e me mostrou o quanto se importa com meu futuro e a minha felicidade. Foram inúmeras madrugadas estudando virada e não teve uma, em que você não tenha levantado e insistido que para eu comesse e bebesse alguma coisa. Você sempre vibrou com cada conquista ao longo desses anos e com cada coisa nova que eu aprendi. Sou grata por ter uma mãe tão dedicada, companheira e amiga, pois sei que sem você, eu não teria chegado até aqui. É uma honra ser sua filha e digo com toda certeza do mundo que não sou nada sem você. Te amo para sempre, minha rainha.

A minha irmã, Gilmara que sempre foi minha inspiração em diversos sentidos, que sempre esteve comigo e me instruiu que conhecimento e aprendizado são coisas que nenhuma pessoa do mundo pode nos tirar. Temos nossas diferenças por termos uma personalidade muito parecida, mas sempre honramos o que você me disse quando eu era criança “no fim das contas, seremos sempre uma pela outra”. Obrigada, irmã por me proteger e me ajudar a ser forte e corajosa e dedicada e por lutar pela minha felicidade. Eu amo você.

A minha namorada e companheira de vida, Evelin que me faz feliz todos os dias da minha vida. Sou grata por você ser quem é, por me apoiar em todos os momentos, por ser meu alicerce diário e principalmente por estar comigo para tudo na vida. Obrigada por todo dia chegar e me encher de beijos e carinho, por sempre fazer de tudo para me ver bem, até mesmo nos piores dias. Já passamos por diversas dificuldades, mas em cada uma delas você me mostrou como é maravilhoso estar ao seu lado e ter a nossa vidinha. Mesmo com essa sua carinha de brava, você é a pessoa mais carinhosa do mundo e o seu jeitinho comigo faz com que eu te ame cada dia mais. Não há um dia em que eu não sinta que estou no melhor lugar do mundo e o quão especial nós somos uma para a outra. Sei que esses últimos meses foram complicados devido ao tcc e

por isso, te agradeço por toda paciência, compreensão, apoio incentivo, por todas as vezes que você me viu estudando até tarde se ofereceu em ajudar, mesmo sem saber por onde começar (rs) e obviamente por todo amor e carinho de sempre. Não há palavras que representem a gratidão que é ter você na minha vida, sou completamente apaixonada por você, meu amor. Independentemente de qualquer coisa, somos para sempre. Eu amo amar você, minha camarelinha.

A minha amiga, Fernanda que desde que nos conhecemos se tornou parte da minha família, minha irmã de alma, de fato. A pessoa que eu sempre confiei para tudo na vida e me mostrou que a amizade quando é verdadeira vai muito além de lugar, distância, tempo e presença física. Miga, você é aquela pessoa que Deus colocou na minha vida e que nunca vai tirar, a que sempre esteve comigo mesmo estando longe. Obrigada por tudo que já fez por mim, por sempre me acolher, por cada conselho, cada festa/after, piadinhas internas e claro, por ser a melhor amiga do mundo. Eu sempre estarei com você. Te amo, Migs.

A minha amiga, Maria Julia que para mim será sempre “A Shirley” e que desde o primeiro momento, percebi que era tão louca quanto eu e que ali nasceria uma amizade muito especial. Nossa ligação não é à toa e por tudo que nós passamos, tenho certeza que somos mais fortes hoje. Você me ensinou muito e agradeço por todos os nossos momentos (que podem ser expostos ou não rs) e por tudo que já me aconselhou, sei que o Paraguai foi só o início dessa amizade que vamos contar para todos até nossos 110 anos (hahaha). Uvinha., obrigada por tudo mesmo, amo você.

A minha amiga, Marcela, que a rural colocou na minha vida e desde então só tenho a agradecer por essa pessoa incrível. Obrigada amiga, por me ajudar em um trilhão de coisas dentro e fora da faculdade, por sempre tirar minhas dúvidas e por compartilhar tanto aprendizado comigo. Você tem um coração que não cabe no peito e todo sucesso é pouco para você. Eu te amo.

Aos meus amigos Wesley, Juju, Fabiana, Caio, Pâmela que sempre torceram por mim, pela minha felicidade e me incentivaram a seguir meus sonhos. Vocês são os melhores amigos do mundo e sou eternamente grata por cada um de vocês fazerem parte da minha vida.

A Kelly Moura, Coordenadora da Defesa Civil do município de Paraíba do Sul, que me auxiliou e disponibilizou diversas informações para a elaboração do meu tcc.

Aos meus amigos inesquecíveis que fiz dentro da rural Mylena Orlandini, Maria Clara Noel, Bella Assis, Miguel Pozzato, Matheus Silva, Victória Rodrigues, Marcos Bonatti, Letícia Turque, Fábio Vieira, Fran Mendes, Alyssa, Sarah Carvalho, Júlia Azevedo, Milene matos, Andrea Ferreira, Lara Oliveira. Obrigada por compartilhar momentos incríveis de aprendizado, por diversos conselhos de muitos de vocês, pelos trabalhos em grupos, saídas de campo, viagens

e por todas as resenhas e festas em que aproveitamos juntos. Vocês estarão para sempre no meu coração.

Agradeço também ao Campus do ITR pertencente a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que me acolheu durante toda a minha trajetória de graduação. Obrigada a cada colaborador do campus, principalmente as “tias da limpeza”, por todo carinho, capricho e dedicação ao trabalho e por cuidarem tão bem do Campus. Vocês são incríveis, são a alma do ITR e merecem todo reconhecimento do mundo. Muito obrigada por serem as melhores.

Aos professores do Instituto, pela paciência de muitos e dedicação ao trabalho, assim como o conhecimento passado para cada aluno, tanto sobre as disciplinas ministradas quanto para a vida profissional e pessoal.

Agradeço também a professora Máira Freire, Julianne Milward, Fabíola Garrido, Fábio Freitas, Ângela de Almeida e Olga Gomes pela proximidade e atenção dentro e fora do Campus. Vocês são incríveis e admiráveis.

Não menos importante, quero agradecer especialmente a minha professora e orientadora, Erika Cortines por todo ensinamento desde a primeira disciplina, pela dedicação, atenção dada, pelas saídas de campo, preocupação dentro e fora da rural, até mesmo fora de hora (rs) e por toda paciência durante a elaboração do tcc, pois sei que não foi fácil. Você é admirável e minha inspiração profissional. Ademais, quero agradecer ao professor e co-orientador Fábio Souto por toda troca de aprendizado e experiência, pelas dicas, saídas de campo, além do cuidado no âmbito das disciplinas quanto me auxiliando no tcc e por toda a preocupação com a elaboração do mesmo. Você é um profissional e uma pessoa incrível.

“O território, enquanto realidade natural e ambiental têm as suas próprias regras de conservação e reprodução (de longa duração), as quais ignoradas, levam à instabilidade e à destruição”

(Luisa Bonesio).

RESUMO

Devido a urbanização em massa das cidades Brasileiras em meados do século XVIII, diversas alterações na ocupação do solo foram acontecendo ao decorrer dos anos. O processo de impermeabilização do solo, assim como o uso desordenado do mesmo, a ocupação populacional em áreas de risco somados às técnicas da urbanização como atividades comerciais e industriais, contrariam o fluxo circular da natureza, o que aumenta o escoamento superficial e consequentemente cria um ambiente favorável a desastres naturais relacionados à chuva. O município de Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, possui registros desses desastres que causam sérios transtornos e prejuízos econômicos, sociais e ecológicos. O presente trabalho aborda informações sobre os desastres naturais, suas principais consequências em ambientes urbanos, desenvolve o termo de soluções baseadas na natureza como a infraestrutura verde e apresenta algumas de suas tipologias como medidas de boa prática drenagem para mitigação dos efeitos adversos que assolam os bairros da cidade de Paraíba do Sul. Após a análise dos dados, foram verificadas algumas áreas de risco na cidade e selecionados alguns pontos dos bairros Centro, Palhas, Lava Pés e Liberdade como indicação na implantação de infraestrutura verde. Para os eventos na cidade estudada, as Soluções Baseadas na Natureza escolhidas/indicadas foram: Jardins de Chuva, Biovaletas, Pavimentos Permeáveis, Lagoas Pluviais, Telhados Verdes, Sistema de Captação de Águas Pluviais e Reservatórios Subterrâneos. Por conseguinte, a partir das informações levantadas a respeito dessas SbNs, conclui-se que esses dispositivos são eficientes e necessário para gestão de drenagem urbana, seja por sua capacidade de reduzir o escoamento superficial, uma vez que facilitam a infiltração da água, e também por possuírem baixo custo de implantação e manutenção. Ademais, são essenciais no processo de sustentabilidade urbana. Para os eventos na cidade estudada, as Soluções Baseadas na Natureza escolhidas/indicadas foram

Palavras chaves: Escoamento superficial, Cidade Sustentável, Enchentes, Jardim de chuva, Drenagem urbana.

ABSTRACT

Due to the mass urbanization of Brazilian cities in the mid-eighteenth century, several changes in land use took place over the years. The soil sealing process, as well as its disorderly use, population occupation in risk areas, added to urbanization techniques such as commercial and industrial activities, go against the circular flow of nature, which increases surface runoff and consequently creates an environment favorable to natural disasters related to rain. The municipality of Paraíba do Sul, in the State of Rio de Janeiro, has records of these disasters that cause serious inconvenience and economic, social and ecological damage. The present work deals with information about natural disasters, their main consequences in urban environments, develops the term of solutions based on nature as green infrastructure and presents some of its typologies as measures of good drainage practice to mitigate the adverse effects that plague neighborhoods. from the city of Paraíba do Sul. After analyzing the data, some risk areas in the city were verified and some points in the Centro, Palhas, Lava Pés and Liberdade neighborhoods were selected as an indication for the implementation of green infrastructure. For the events in the city studied, the Nature-Based Solutions chosen/indicated were: Rain Gardens, Biovaletas, Permeable Pavements, Rainwater Ponds, Green Roofs, Water Capture System Rainwater and Underground Reservoirs. Therefore, from the information gathered about these SbNs, it is concluded that these devices are efficient and necessary for urban drainage management, either because of their ability to reduce surface runoff, since they facilitate water infiltration, and also because they have low cost of implementation and maintenance. Moreover, they are essential in the process of urban sustainability.

Keywords: Surface runoff, Sustainable City, Floss, Rain garden, Urban drainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro.....	34
Figura 2. Probabilidade de precipitação em Paraíba do Sul, RJ.....	35
Figura 3. Comparação da ocupação urbana do município de Paraíba do Sul, RJ entre os anos de 1985 e 2021.....	36
Figura 4. Registros de alagamentos, enxurradas e inundações no Estado do Rio de Janeiro.....	37
Figura 5. Registros de alagamentos, enxurradas e inundações no município de Paraíba do Sul.....	38
Figura 6. Registros de alagamentos no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul.....	39
Figura 7. Registros de enxurradas no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul.....	41
Figura 8. Registros de inundações no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul.....	42
Figura 9. Reportagem do portal G1 sobre alagamentos e inundações em Paraíba do Sul.....	43
Figura 10. Avenida Marechal Castelo Branco alagada devido a enchente em Paraíba do Sul.....	44
Figura 11. Enchente que invadiu casa em Paraíba do Sul.....	44
Figura 12. Caminhão quase submerso devido a enchente em Paraíba do Sul.....	44
Figura 13. Reportagem sobre atualização de dados e notícias da enchente em Paraíba do Sul.....	45
Figura 14. Matéria publicada pelo Entrerios Jornal sobre os alagamentos e deslizamentos em Paraíba do Sul.....	47
Figura 15. Água invadindo casas no bairro Inema.....	47
Figura 16. Casa afetada pelas chuvas intensas no bairro Liberdade.....	47
Figura 17. Matéria sobre o risco de desabamento em rua do Portal do Sol em Paraíba do Sul.....	49
Figura 18. Local com processo erosivo devido ao corte do barranco em Paraíba do Sul.....	50

Figura 19. Construção de uma paliçada de pneus feita pelos moradores, na tentativa de evitar a erosão da margem e destruição do imóvel.....	51
Figura 20. Bocas de lobo em péssimo estado de conservação.....	51
Figura 21. Área de risco do bairro Parque Morone, Paraíba do Sul RJ.....	53
Figura 22. Área de risco do bairro Liberdade, Paraíba do Sul RJ.....	54
Figura 23. Área de risco do bairro Palhas, Paraíba do Sul RJ.....	55
Figura 24. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Centro.....	56
Figura 25. Praça São Pedro São Paulo no bairro Centro atingida por forte enxurrada causando alagamento.....	57
Figura 26. Praça São Pedro São Paulo no bairro Centro em período de estiagem.....	57
Figura 27. Praça Marquês de São João Marcos e as ruas em seu entorno alagados.....	58
Figura 28. Praça Marquês de São João Marcos e as ruas em seu entorno em período de estiagem.....	59
Figura 29. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Parque Morone.....	60
Figura 30. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Liberdade.....	60
Figura 31. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Palhas.....	61
Figura 32. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Lava Pés.....	62
Figura 33. Pontilhão do bairro Lava Pés alagado em período de chuvas e em situação normal em período de estiagem.....	62
Figura 34. Esquema de um jardim de chuva.....	64
Figura 35. Jardim de chuva em Portland, Orlando (EUA).....	65
Figura 36. Jardim de chuva em Seattle, Washington (EUA).....	65
Figura 37. Esquema de implantação de uma Biovaleta.....	66
Figura 38. Esquema de uma quadra da <i>Street Edge Alternatives</i> em Seattle, Washington (EUA).....	67
Figura 39. Uma das células da <i>Street Edge Alternatives</i> em Seattle, Washington.....	67
Figura 40. A biovaleta do parque <i>East Esplanade</i> em Portland, Oregon (EUA).....	67

Figura 41. A biovaleta do estacionamento do <i>New Seasons Market</i> em Portland, Oregon (EUA).....	67
Figura 42. Pavimento permeável.....	70
Figura 43. Esquema de uma Bacia de Detenção.....	70
Figura 44. Bacia de retenção.....	70
Figura 45. Esquema de telhados verdes.....	71
Figura 46. Telhado verde em edificação em Curitiba Paraná/BR.....	72
Figura 47. Esquema de coleta de água da chuva com reservatório de autolimpeza.....	74
Figura 48. Reservatório de autolimpeza com torneira-boia.....	75
Figura 49. Caixa d'água para construção do reservatório subterrâneo.....	75
Figura 50. Esquema de construção de um reservatório subterrâneo.....	76
Figura 51. Corte lateral de um reservatório subterrâneo.....	77

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Bairros com frequência de eventos de desastres naturais no município de Paraíba do Sul/RJ.....	53
---	----

LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% - Porcento

°C - Graus Celsius

ABPC - Associação Brasileira de Cimento Portland

AEM - Avaliação Ecológica do Milênio

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BMP - *Best Management Practices*

BR - Brasil

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres.

CRED - *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

DF - Distrito Federal

DRM-RJ - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro

EM-DAT - *International Disaster Database*

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

EUA - Estados Unidos da América

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

HTO - Hospital de Traumatologia e Ortopedia

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

mm/mês - Milímetro por mês

OFDA - *The Office of US Foreign Disaster Assistance*

OICS - Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

PNRBH - Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

RJ - Rio de Janeiro

RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A

SbN - Soluções Baseadas na Natureza

TCE RJ - Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro

UACDC - *University of Arkansas Community Design Center*

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

WWAP UN-Water - *United Nations World Water Assessment Programme*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	22
1.1 OBJETIVO GERAL	24
1.1.1 Objetivos Específicos	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1 Conceito de paisagem e planejamento da paisagem urbana.	24
2.2 Serviços Ecossistêmicos	25
2.3 Desastres Naturais	26
2.4 Drenagem Urbana	27
2.5 Soluções Baseadas na Natureza	28
2.6 Infraestrutura Cinza	30
2.7 Infraestrutura Verde-Azul	30
2.8 Infraestrutura Verde	31
2.8.1 As escalas da Infraestrutura Verde	32
2.8.2 Os Benefícios da Infraestrutura Verde para Gestão das Águas Urbanas	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Área de Estudo	34
3.1.1 Localização Geográfica	35
3.1.2 Caracterização Climática	35
3.1.3 Vegetação	36
3.1.4. Unidades de Conservação	36
3.1.5 Urbanização	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. Registros de Desastres Naturais em Paraíba do Sul	38
4.2 Tipologias da infraestrutura verde	64
4.2.1 Jardins de Chuva	65
4.2.2 Biovaletas	67
4.2.3 Pavimentos permeáveis	70
4.2.4 Lagoas Pluviais	71
4.2.5 Telhados Verdes	73
4.2.6 Sistemas de Captação/Coleta de Águas Pluviais	74
4.2.7 Reservatórios Subterrâneos	77
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

1. INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira teve início na segunda metade do século XVIII, advinda da revolução industrial. Tal processo provocou alterações na ocupação territorial pela população, pois a mesma foi induzida a se adaptar a um novo cenário mecanizado (Soares et al. 2014). Como consequência, houve um acréscimo das cidades no Brasil, onde os habitantes que antes eram majoritariamente rurais, passaram a ser predominantemente urbanos, elevando assim, a porcentagem populacional dos centros urbanos para cerca de 350% (Soares et al 2014). A acelerada e desordenada urbanização brasileira trouxe diversas consequências, muitas delas negativas. A ausência de planejamento urbano e de uma política econômica menos concentradora contribuiu para a elevação dos problemas ambientais e sociais urbanos (Tucci 1997).

Nas cidades, as intervenções antrópicas sobre os aspectos naturais impermeabilizaram o solo provocando a redução da infiltração da água e, conseqüentemente, o fluxo subterrâneo de água, o que aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial para jusante, além de provocar o acúmulo da água em locais onde o sistema de drenagem urbana é deficitário. Nos ambientes naturais, a vegetação intercepta parte da precipitação e a outra chega ao solo, onde as condições de relevo conduzem o escoamento superficial até o corpo hídrico, possibilitando os processos de infiltração, retenção e evaporação nesse trajeto (Tucci 2008, Martins 2012, Canholi 2014, Tucci 2016). A situação nos ambientes se agrava proporcionalmente ao grau de impermeabilização urbana que, quando elevado, produz diversos prejuízos socioambientais. A ampliação da vazão de cheia acima da capacidade do corpo hídrico receptor provoca inundações, acelera processos erosivos e deteriora a qualidade da água com o carreamento de poluentes oriundos da lavagem das superfícies urbanas (Tucci 2008, Martins 2012, Canholi 2014, Tucci 2016).

A perda de áreas naturais derivadas do desmatamento, retificações e canalizações de rios, contribui para a escassez e perda de qualidade dos recursos hídricos, uma vez que essa realidade diminui a recarga dos aquíferos e o potencial de biorretenção das áreas naturais. Algumas cidades, diante dos problemas de drenagem causadas por tais fatores e das mudanças climáticas, têm buscado melhores soluções de drenagem que reproduzam, dentro do possível, as condições naturais, em especial, referentes à infiltração (Martins 2012, Tucci et al 2012, Canholi 2014).

Sendo assim, o Brasil é vulnerável a efeitos severos causados por ocorrências climáticas, que se tornam mais graves e frequentes devido às mudanças advindas do clima. Contudo, mesmo durante chuvas normais as enchentes são habituais devido à urbanização em áreas inadequadas (Brandão 2004).

Desse modo, é nítida a necessidade de adaptar as cidades à nova realidade climática urbana, influenciada pelo efeito de ilha de calor e mudanças climáticas, pois:

“A adaptação refere-se a ajustes em sistemas ecológicos, sociais ou econômicos, em resposta a estímulos reais ou esperados e seus efeitos ou impactos. Refere-se a mudanças de processos, práticas e estruturas para moderar danos potenciais ou para obter benefício das oportunidades associadas às mudanças climáticas” (IPCC, 2001).

De acordo com Pellegrino (2000), os processos naturais não deixam de existir nas cidades por causa das modificações antrópicas, mas são alterados negativamente pela modificação ou supressão das características naturais. E que, sendo assim, o planejamento da paisagem urbana pode mitigar os impactos do uso do solo, moldando o desenvolvimento territorial com a manutenção e expansão das áreas naturais conectadas em rede. De acordo com a Organização das Nações Unidas/ONU, a percepção atual é de que as soluções baseadas em processos naturais apresentam custo benefício significativo.

A UNESCO propõe em seu relatório “Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para a Gestão da Água”, lançado no Fórum Mundial da Água em Brasília-DF, no dia 19/03/2018 que:

“Alguns dos melhores exemplos de utilização de SbN ocorrem onde elas são capazes de melhorar o desempenho da infraestrutura cinza. A situação atual, com infraestruturas cinzas envelhecidas, inadequadas ou insuficientes em todo o mundo, cria oportunidades para as SbN como soluções inovadoras que incluem perspectivas de serviços ecossistêmicos, maior resiliência e considerações relativas aos meios de subsistência no âmbito do planejamento e da gestão da água.” (UNESCO 2018).

Logo, tem-se a Infraestrutura Verde como um método alternativo e sustentável que, além de ter capacidade de captação, filtração e infiltração da água pluvial no solo, reduzindo o escoamento superficial, tem função de mitigar os efeitos negativos relacionados aos eventos de precipitação intensa nas cidades e consequentemente os desastres socioambientais. A infraestrutura verde promove um retorno da água ao ciclo, contribuindo com o reabastecimento dos lençóis freáticos e qualidade das águas urbanas.

O município de Paraíba do Sul - RJ, sofre impactos negativos devido às fortes precipitações principalmente nas estações mais chuvosas do ano. Por isso, o município foi escolhido como estudo de caso para a seleção de dados referente a alagamentos, enxurradas e

inundações e sugestão das infraestruturas verdes como medida de prevenção e mitigação desses desastres naturais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a contribuição da Infraestrutura Verde para mitigação dos efeitos adversos advindos de desastres naturais e infraestrutura cinza no município de Paraíba do Sul.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar informações sobre desastres naturais no município de Paraíba do Sul.
- Identificar em macro, meso e micro escalas, medidas que auxiliem na redução das enchentes e alagamentos.
- Propor medidas de boas práticas de drenagem urbana, por meio de pesquisas e revisão de literatura, exemplificando as infraestruturas verdes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de paisagem e planejamento da paisagem urbana.

Conforme Sandre (2017), podemos destacar duas vertentes de pensamentos, a primeira entende a paisagem enquanto um espaço físico e funcional composto pelos elementos geográficos. Nessa visão a paisagem está associada a uma extensão de território alcançada pelo olhar de um expectador. Atribuindo-se a ela a noção de natureza intocada, ou seja, o homem é um mero observador, não sendo parte de sua construção (Metzger 2001, Sandre 2017).

Para a segunda vertente de pensamento, a paisagem é compreendida a partir do simbolismo e história inerentes a ela, e está relacionada à experimentação (Leite 1992, Sandre 2017). A paisagem é entendida enquanto estrutura física que se manifesta não apenas pela percepção visual do espectador, mas também, pela olfativa, tátil, sonora e cinética (Pellegrino 1995, Sandre 2017). Nessa concepção o sujeito é parte do fenômeno dinâmico que integra elementos biogeofísicos e sociais que interagem, formando um conjunto único e indissociável em constante transformação, denominado paisagem.

Enquanto a paisagem urbana é compreendida por Cullen (1983) como ferramenta de análise e observação, sendo um recurso bastante versátil para coleta de dados, informações e referências, especialmente pela interação que promove entre ser humano e ambiente urbano

aguçando e despertando a percepção e consciência à paisagem pelo ato de atenção ao espaço urbano e às próprias emoções dos indivíduos.

Portanto, o planejamento da paisagem pode ser definido como a prática do planejamento para o uso sustentável de recursos bióticos, abióticos e antrópicos. Este planejamento tem como objetivo a proteção de recursos raros, escassos ou únicos, conservação de recursos limitados para uso controlado e prevenção contra riscos, definindo locais apropriados para o desenvolvimento (Fabos 1985).

2.2 Serviços Ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos são prestados pelos ecossistemas que sustentam e conferem qualidade à vida humana. Estes serviços são divididos em quatro categorias de serviços de acordo com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM 2005, IBAMA 2010):

Serviço de suprimento - são os serviços adquiridos pelo manejo sustentável dos ecossistemas, como produtos florestais, alimentos e água e o uso direto dos mesmos, e resultantes em bens ou produtos ambientais contendo valor econômico.

Serviços culturais - serviços que são relacionados aos princípios e manifestações da cultura dos seres humanos, obtidos por meio da conservação ou preservação de recursos naturais, como por exemplo as belezas cênicas, a espiritualidade e a recreação.

Serviços regulatórios - são os que garantem a sistematização do ciclo hidrológico e do clima, o combate a pragas e doenças, a diminuição de erosões, além da colaboração para a polinização, através da permanência dos recursos ecossistêmicos.

Serviços de suporte - São os serviços capazes de condicionar os recursos ambientais naturais, como a fotossíntese, a ciclagem de nutrientes, formação do solo, a biodiversidade e a conservação da variabilidade genética, caracterizando-se assim, como os serviços que mantêm todos os demais.

Este conceito se consolidou em 2005 com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM), e suas bases teóricas se encontram na busca pelo entendimento das relações entre os ecossistemas e a qualidade da vida humana. O conceito engloba os termos serviços da natureza, capital natural e serviços ambientais (Gomes 2005).

2.3 Desastres Naturais

Segundo Tobin & Montz (1997) e Marcelino (2008), desastres naturais podem ser definidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou da sociedade atingida em conviver com o impacto, ou seja, pode-se concluir que é quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos.

Os desastres naturais são os responsáveis por danos e perdas intensos, de natureza econômica, ambiental e social, fazendo com que os impactos sejam cada vez mais agudos (Ayoade 2002).

No Brasil, os principais fenômenos relacionados a desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como, inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades (Tominaga 2009).

De acordo com EM-DAT, o Brasil encontra-se entre os países do mundo mais atingidos por inundações e enchentes, tendo registrados 94 desastres cadastrados no período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e mais de 15 milhões de pessoas afetadas (desabrigados/desalojados). Considerando somente os desastres hidrológicos que englobam inundações, enchentes e movimentos de massa, em 2008 o Brasil esteve em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas (OFDA/CRED 2009).

De acordo com Tominaga (2009), a partir de 1960 houve um aumento considerável de desastres naturais no Brasil. Foram catalogados 289 eventos pelo EM-DAT nos anos de 1900 a 2009 (até o 1º trimestre do último ano citado) e após o primeiro ano, as ocorrências correspondem a cerca de 70% dos eventos.

Este aumento na incidência de desastres naturais é consequência do intenso processo de urbanização desordenada das cidades, com ocupação de áreas impróprias, devido às suas características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis. As intervenções antrópicas nestes terrenos, tais como, desmatamentos, cortes de morros, aterros, alterações nas drenagens, lançamento de lixo e construção de moradias, efetuadas, na sua maioria, sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam os perigos de instabilização dos mesmos. Quando há um adensamento destas áreas por moradias precárias, os desastres associados aos escorregamentos e inundações assumem proporções catastróficas causando grandes perdas econômicas e sociais (Fernandes et al 2001, Carvalho e Galvão 2006, Lopes 2006, Tominaga 2007).

2.4 Drenagem Urbana

A drenagem urbana é considerada o “conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais” (FEAM 2006). Tal abordagem resulta no conceito do sistema de drenagem urbana adotado no Brasil, no qual refere-se a drenagem como uma série de elementos que recolhe as águas pluviais sobre uma determinada região e que escoam sobre sua superfície, levando-as a um destino final. Como apresenta Botelho (1998), os sistemas de drenagem pluvial devem ser dimensionados com base na máxima “pegar e largar depressa”, ou seja, recolher as águas da chuva e conduzi-las rapidamente para jusante.

Esse tipo de solução acaba transferindo para jusante, o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, já que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições preexistentes. Dessa forma, acaba provocando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem (Tucci & Bertoni 2003).

Ao observar a paisagem atual de várias cidades, quase não é possível visualizar cursos d'água, pois estão enterrados sob as ruas. Por esta razão, muitas cidades ignoraram os corpos hídricos na ocupação dos espaços, ocupando áreas de várzeas naturalmente alagadas e deixando os problemas de alagamentos e inundações urbanas para a técnica de drenagem resolver (hidraulicamente) (Souza 2013).

Nas grandes cidades, o solo natural permeável e poroso é substituído por superfícies impermeáveis e a densidade de árvores geralmente é pequena. As superfícies impermeáveis e os sistemas de coleta de drenagem elevam o escoamento superficial e consequentemente a sua velocidade. Isso faz com que a força da água seja mais destrutiva a jusante, uma vez que a mesma é mais intensa. A drenagem urbana convencional possui “como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta a ordem de magnitude da vazão máxima, a frequência e o nível de inundação a jusante” (Porto Alegre 2005).

De acordo com Barbosa et al (2011) o “desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento”.

As medidas para controle da drenagem urbana podem ser classificadas de acordo com sua natureza, em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais estão relacionadas às obras visando a correção ou a prevenção dos problemas decorrentes das enchentes, tais como modificações dos rios, construção de reservatórios a jusante, construção de *polders* e outras.

Algumas dessas medidas estruturais criam uma falsa sensação de segurança, permitindo a ocupação de áreas inundáveis. (Tucci 1993). Já as medidas não estruturais são de caráter extensivo, com ações abrangendo toda a bacia ou de natureza institucional, administrativa ou financeira, adotadas espontaneamente ou por força da legislação, destinadas a atenuar os deflúvios ou a orientar os ocupantes das áreas potencialmente inundáveis, o sentido de conviverem com a ocorrência periódica do fenômeno (DAEE 1989).

2.5 Soluções Baseadas na Natureza

As chamadas Soluções Baseadas na Natureza (SbN), termo destacado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), vêm ganhando protagonismo por ser uma forma de “trabalhar com a natureza”, bem como um:

“conjunto de ações para proteger, gerenciar e restaurar os ecossistemas naturais ou modificados, e que atendem a desafios de forma sistêmica, eficaz e adaptativa, proporcionando, simultaneamente, benefícios de bem-estar e de biodiversidade” (Cohen-Shacham et al 2016).

As SbN vêm sendo aplicadas desde a década de 1970, inicialmente, e até hoje mais conhecidas pelo termo “*Best Management Practices (BMP)*”. As BMP são definidas como abordagem integrada de gestão das águas pluviais na fonte, ou seja, no ponto de escoamento e precipitação da chuva (Nascimento, Baptista 2009 apud Moura 2013).

Inicialmente essas tipologias tinham como função principal capturar o pico de vazão das águas pluviais, auxiliar na drenagem local e gerenciar a quantidade de escoamento superficial produzido (EPA 2002, UACDC 2010).

Uma mudança significativa foi que, após a ênfase dada inicialmente ao papel dos serviços ecossistêmicos no processo de resposta a desafios sociais e ambientais, passou-se a reconhecer os serviços ambientais, o que é extremamente relevante (Cohen-Shacham et al. 2016, Fraga & Sayago 2020). No caso da drenagem urbana, ao se reconhecer o papel que indivíduos ou grupos podem desempenhar, adotando SbN em terrenos particulares ou mesmo em áreas públicas, como já ocorreu em São Paulo (Herzog & Antunã Rozado 2020), reforça-se a importância de tê-los presentes nos processos de co-criação como por exemplo a participação da população na implantação e manutenção das SbN, além da governança para melhores resultados.

Outra importante alteração ocorrida na gestão das águas foi que, após o destaque inicial do papel das SbN no ciclo da água e na disponibilidade e qualidade deste recurso (WWAP UN-Water 2018), foram-lhes sendo agregadas, pouco a pouco, outras potencialidades como seu desempenho no gerenciamento de riscos, na adaptação a eventos extremos e na promoção de

resiliência urbana, apontadas como “cobenefícios secundários” (WWAP UN-Water 2020). Recentemente, também foi reconhecida a necessidade de se mensurar e divulgar o valor da água (WWAP UN-Water 2021), incluindo-o na tomada de decisões, algo fundamental, que pode interferir no processo de adoção de SbN na drenagem urbana se o valor das águas pluviais for reconsiderado. Esta evolução conceitual, assim como os resultados das experiências realizadas, permitiu não apenas um detalhamento maior do uso das SbN e o reconhecimento de suas potencialidades, mas também a percepção de que novas soluções demandam novos procedimentos. Embora alguns tipos de SbN já sejam aplicados em alguns locais, seu uso com novo propósito, prestando serviços ambientais e aumentando a resiliência urbana, é algo relativamente novo, o que demanda alterações nos processos de criação e governança, sob o prisma da colaboração (McCormick 2020).

No caso brasileiro, as SbN têm sido vinculadas à promoção de cidades mais sustentáveis e resilientes. Alinha-se com isto as Estratégias de Adaptação de Cidades, elaboradas no âmbito do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças do Clima, dentre as quais constam o fortalecimento de ações de drenagem urbana sustentável e a adoção de SbN (Brasil, 2016). Em 2020, tais ações foram reforçadas pelo lançamento do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis - OICS (oics.cgee.org.br/), uma plataforma virtual que organiza e exhibe conteúdos sobre soluções urbanas sustentáveis e inovadoras, com especial ênfase para as SbN. Outro campo em destaque no país, que tem incorporado SbN ou pelo menos evidenciado preocupação com as águas pluviais, é a gestão das águas. Neste sentido, foi adicionado um novo objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos, tratando de “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” (Brasil, 2017), o que, embora não vincule o emprego de SbN, a médio e longo prazo, poderá trazer benefícios e aumentar os investimentos no setor. Apesar destes avanços, o novo marco legal do saneamento básico (Brasil 2020) não faz menção a SbN, mantendo o amplo uso da infraestrutura convencional. Considerando que à ANA cabe a elaboração do PNRH/PNRBH e das normas para drenagem, pode-se especular se haverá espaço para maior compatibilização entre estas áreas.

As SbN entendem que conservação da natureza não está em oposição ao desenvolvimento:

“os sistemas naturais são componentes de nossa infraestrutura tão ou mais importantes do que a infraestrutura tradicional - também chamada de infraestrutura cinza, os serviços tais como energia, transporte, abastecimento de água e coleta de esgoto que possibilitam o funcionamento dos assentamentos humanos tais como os conhecemos” (Firehock 2010).

2.6 Infraestrutura Cinza

São as infraestruturas construídas pelo homem, ou seja, obras de engenharia civil como barragens, diques, estradas, muros de contenção, obras de drenagem entre outras. Estas estruturas são construídas para prevenção de desastres, além de outras funções como mobilidade urbana e geração de energia. Também devem ser resilientes às mudanças climáticas, levando em conta os prognósticos de intensificação dos eventos climáticos extremos, elevação dos oceanos e elevação da temperatura média. Porém, tem sido evidenciado que tais estruturas, sozinhas, não estão sendo mais capazes de suprir as necessidades de drenagem das águas pluviais e mitigação de desastres naturais nas cidades (Carvalho 2015).

Portanto, ao se tratar de uma maior efetividade às defesas estruturais contra desastres, este tipo de infraestrutura pode ser combinado com a infraestrutura verde.

2.7 Infraestrutura Verde-Azul

Segundo Pellegrino (2017), infraestrutura verde e azul é:

“Um conjunto de elementos com uma identidade distinta, composto de estruturas vivas (plantas e animais) e não vivas (água, minerais, elementos construídos), interagindo para formar um sistema que tende a um equilíbrio dinâmico capaz de gerar novos estágios de organização de sua estrutura e novas adaptações às mudanças sofridas (Pellegrino, P; Moura, N (org) 2017).

Esta infraestrutura é utilizada como uma estratégia privilegiada perante o aumento da antropização do ambiente natural pelas atividades urbanas, além de conectar paisagem e biodiversidade no meio urbano, ou seja, conecta as áreas verdes, as zonas protegidas e os meios aquáticos, permitindo não só conexões verdes em ambientes antropizados, mas também a conectividade e circulação da fauna (Moscarelli 2016).

Seus objetivos são ecológico-econômico funcionais como melhoria na capacidade de drenagem urbana, no controle da amplitude térmica de centros urbanos densos, conectividade ecológica, redução da poluição, autodepuração. Além de aspectos sociais nos centros urbanos como espaços recreativos e de lazer, melhoria na qualidade da paisagem e impacto na educação ambiental, pela compreensão do papel das áreas verdes na sociedade (Ministério da ecologia 2013).

Sendo assim, pode-se concluir que a infraestrutura verde azul pode ser definida como a rede ecológica terrestre e aquática ininterrupta de um dado território a ser cada vez mais exigida nos documentos de urbanismo (Ministério da ecologia 2013).

2.8 Infraestrutura Verde

O termo Infraestrutura verde surgiu em 1994, em um relatório da Comissão de *Greenways* da Flórida, em que se adotava os sistemas naturais como componentes da infraestrutura sendo tão ou mais importantes que a infraestrutura tradicional, também chamada de “infraestrutura cinza”, relativa a serviços como abastecimento e coleta de esgoto, transporte, energia, que em última análise possibilitam o funcionamento dos assentamentos humanos tais como os conhecemos (Firehock 2010).

Apesar de ter significado diferente de acordo com o contexto em que a Infraestrutura verde se enquadra, a mesma é introduzida em trabalhos nos quais respaldam a conservação ou a necessidade de restauração dos sistemas naturais (Firehock 2010).

Segundo Ferreira & Machado (2010, p. 69), a Infraestrutura verde é uma “rede de áreas naturais e espaços abertos (*open spaces*) fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para a conservação dos ecossistemas naturais, da vida selvagem, para a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida dos cidadãos.”. Já Cormier & Pellegrino (2008, p. 128), definem a Infraestrutura Verde como “uma maneira de reconhecer e aproveitar os serviços que a natureza pode realizar no ambiente urbano”. Enquanto que Para Herzog (2010b, p. 04), a “infraestrutura verde é composta por redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados”, onde os mesmos são interconectados, o que permite a recomposição dos diversos elementos que integram o mosaico da paisagem.

Sendo assim, pode-se considerar que a Infraestrutura Verde é um método de planejamento e projeto da paisagem que se baseia na criação de redes de paisagens multifuncionais verde-azul (vegetação – sistemas hídrico/drenagem), que incorporam o *retrofit* (renovação) e adaptação da infraestrutura existente (Cormier & Pellegrino 2008, Herzog e Rosa 2010) a partir do uso de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). A mesma trabalha com o princípio de que o desenvolvimento urbano não precisa se opor à natureza e através de uma organização espacial proporciona, simultaneamente, o desenvolvimento das atividades socioeconômicas e fornecimento dos Serviços Ecossistêmicos (Cormier & Pellegrino 2008, Benedict & McMahon 2006 *apud* Bonzi 2013).

Esse tipo de SbN abarca paisagens naturais e paisagens modificadas (Cormier e Pellegrino 2008):

paisagens naturais e assim caracterizadas, áreas de conservação públicas e privadas, áreas trabalhadas com valores de conservação (áreas que agregam valor ambiental e social de caráter excepcional ou de importância crítica, por exemplo uma floresta) e outros espaços abertos protegidos;

espaços abertos tratados com soluções de *design* apoiadas pela natureza como jardins de chuva, biovaletas, telhados verdes, canteiros pluviais, alagados construídos e bacias de infiltração, que adaptam às infraestruturas convencionais especialmente aos processos de associados ao ciclo hidrológico – retenção, infiltração, evaporação e evapotranspiração e demais processos naturais, subsidiando principalmente o sistema de microdrenagem e macrodrenagem no reconhecimento e aproveitamento dos serviços ecossistêmicos nas cidades.

2.8.1 As escalas da Infraestrutura Verde

A infraestrutura verde é classificada em 3 escalas, segundo Yu & Padua (2006), sendo: macroescala, no qual se refere a paisagem regional de corredores ecológicos e regulação de enchentes, valor histórico e recreacional, com esta escala sendo planejada a fim de definir e proteger o crescimento urbano e dar forma à cidade;

escala intermediária, onde a infraestrutura verde regional é incorporada a estrutura interna urbana, para a formação de um conjunto de zonas verdes com diversas funções como proteger o patrimônio histórico, mobilizar e recrear, como por exemplo lagoas pluviais, parques lineares e alagados construídos;

pequena escala, em que a estrutura verde define a estrutura física do desenvolvimento urbano ou comanda o projeto de lotes específicos com tetos verdes, pisos drenantes, canteiros pluviais, biovaletas e jardins de chuva sendo exemplos desta escala.

Portanto, se pode concluir que a estrutura verde pode abranger um lote residencial, no qual a instalação pode ser um jardim de chuva que infiltra a água da chuva, que cai do telhado, no solo (e anteriormente iria direto para rede de esgoto ou galeria pluvial) restaurando o fluxo hídrico natural, até a escala regional, onde parques e reservas são ligados aos corredores ecológicos, fazendo com que os animais possam circular induzindo o fluxo gênico.

2.8.2 Os Benefícios da Infraestrutura Verde para Gestão das Águas Urbanas

Herzog & Rosa (2010, p. 101), levando em conta os registros de Benedict & McMahon (2002), catalogaram os benefícios da infraestrutura verde no ambiente urbano:

- filtrar as águas de escoamento superficial nos primeiros 10 minutos da chuva, provenientes de calçadas e vias pavimentadas contaminadas por resíduos de óleo, borracha de pneu e partículas de poluição;
- amenizar as temperaturas internas em edificações e mitigar as ilhas de calor;
- promover a circulação de pedestres e bicicletas em ambientes sombreados, agradáveis e seguros;
- criar habitat e conectividade para a biodiversidade;
- promover a infiltração, detenção e retenção das águas das chuvas no local, evitando o escoamento superficial;
- diminuir a velocidade dos veículos nas ruas das cidades; conter encostas e margens de cursos d'água para evitar deslizamentos e assoreamento. (Herzog & Rosa 2010, p. 101).

A multifuncionalidade da infraestrutura verde aumenta os benefícios da mesma para o meio urbano por possibilitar que uma rua ofereça detenção de pequenos espaços e tratamento da poluição difusa em volumes d'água a partir do uso de canteiros pluviais, que ao mesmo tempo oferecem proteção aos pedestres; um parque tenha uma zona de amortecimento de cheias na época de chuvas e possa ser usada como área de lazer na estiagem; nas margens de um rio tenha alagados construídos, amortecendo os picos de vazões e promovendo tratamento de poluentes, ao mesmo tempo em que, com soluções simples de *design* como utilização de *decks* e pontes pedonais, haja possibilidade de oferecer áreas de contemplação da natureza e lazer. Além de abrir novas frentes econômicas, devido a demanda por empresas, especialistas, mão de obra e produtos no mercado.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins deste trabalho, foram abordados aspectos bibliográficos referentes à infraestrutura verde como prática sustentável para mitigação de efeitos adversos causados pelos desastres naturais. Os temas pesquisados foram: conceito de paisagem e planejamento da paisagem urbana; serviços ecossistêmicos; desastres naturais; soluções baseadas na natureza e infraestrutura verde. A área escolhida para o estudo de caso foi o município de Paraíba do Sul, localizado no Estado do Rio de Janeiro, por ser uma cidade que apresenta um histórico de inundações em seu espaço urbano.

Foram avaliados documentos como o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais do período de 1991 a 2012 e o Plano de Saneamento Básico do Município de Paraíba do Sul elaborado no ano de 2014. Tais documentos apresentam informações sobre desastres naturais relacionados a chuvas. Também foram analisados o site do Jornal Entrerios (<https://www.entreriosjornal.com/>) localizado na cidade de Três Rios também pertencente ao Estado do Rio de Janeiro, o portal G1 (<https://g1.globo.com/>) e o site Climatempo (<https://www.climatempo.com.br/>). Neles estão registradas diversas reportagens referentes aos desastres naturais sofridos pelo município de Paraíba do Sul e diversas imagens inseridas neste trabalho. Ademais, também houve análise do Parecer Técnico elaborado em 2022 pela Defesa Civil de Paraíba do Sul disponibilizado pela coordenação do setor citado. Vale ressaltar que não há registro das ocorrências de desastres naturais no sistema da Defesa Civil da cidade, uma vez que as gestões não o alimentam.

Por fim, também foi utilizada a plataforma de análise geoespacial *Google Earth Pro* para visualização, análise e demarcação de áreas na cidade de Paraíba do Sul visando a proposição de áreas de interesse para implantação de Infraestruturas Verdes.

3.1 Área de Estudo

A área escolhida como estudo de caso foi a área urbana localizada no município de Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, divisa com o estado de Minas Gerais. O município de Paraíba do Sul possui cerca de 571,118 km² (IBGE 2021). Atualmente, possui uma população estimada em 44.741 pessoas (2021) e com PIB per capita de R\$ 22.678,15 (2019) e IDH de 0,702 (2010) considerado médio. Dos cursos-fluviais que banham as terras de Paraíba do Sul, destaca-se o rio desse nome, que atravessa quase ao meio o território municipal, no sentido Oeste-Leste (IBGE 1948), e suas águas abastecem a população local. Parte do município está localizada na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III) e parte na Região Hidrográfica do Rio Piabanha (RH-IV) (Montes 2019).

3.1.1 Localização Geográfica

O município apresenta 291 metros de altitude em média e está localizado entre as coordenadas Latitude Sul 22°09'46" Longitude Oeste 43°17'36" na mesorregião Centro-Fluminense (Figura 1). E encontra-se, em grande parte, localizado no vale do rio que lhe dá o nome.

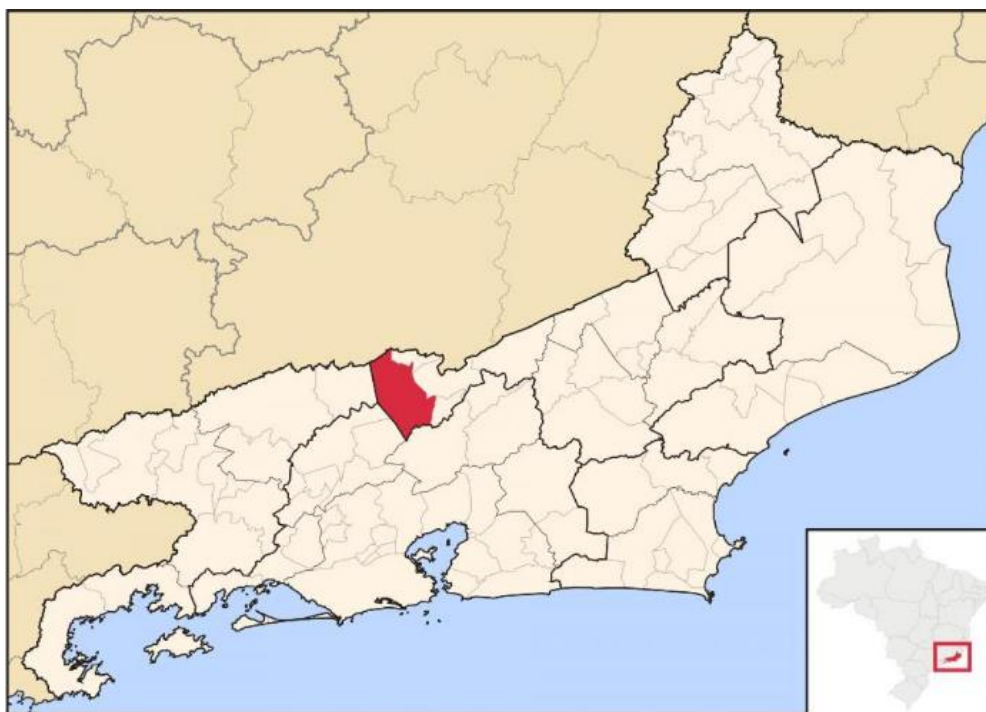


Figura 1. Localização do município de Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. Fonte: *Map of Rio de Janeiro*, 2022.

3.1.2 Caracterização Climática

O clima do município de Paraíba do Sul é caracterizado como Tropical de altitude, com temperatura média anual oscilando entre 17°C e 35°C (Vallenge 2014). O período de verão é caracterizado como chuvoso com precipitação acumulada entre 200 e 250 mm/mês, nos meses com máxima precipitação, enquanto que no inverno, referente ao período mais seco, com precipitação acumulada inferior a 50 mm/mês (Marengo 2005). Ademais, a precipitação anual atinge em média 1.100 mm. (Vallenge 2014)

Entre outubro e abril, é o período de precipitação mais intensa com durabilidade de 5,3 meses e mais de 41% de probabilidade de chuva em determinado dia. Sendo dezembro o mês mais chuvoso, com média de 21,2 dias e mínimo de 1 milímetro de precipitação. Já o período de seca, é entre abril e outubro, tendo uma durabilidade de 6,7 meses. Julho é caracterizado pelo

de menor chuva em Paraíba do Sul, apresentando a média de 3,4 dias e 1 mínimo de 1 milímetro de precipitação (Figura 2).

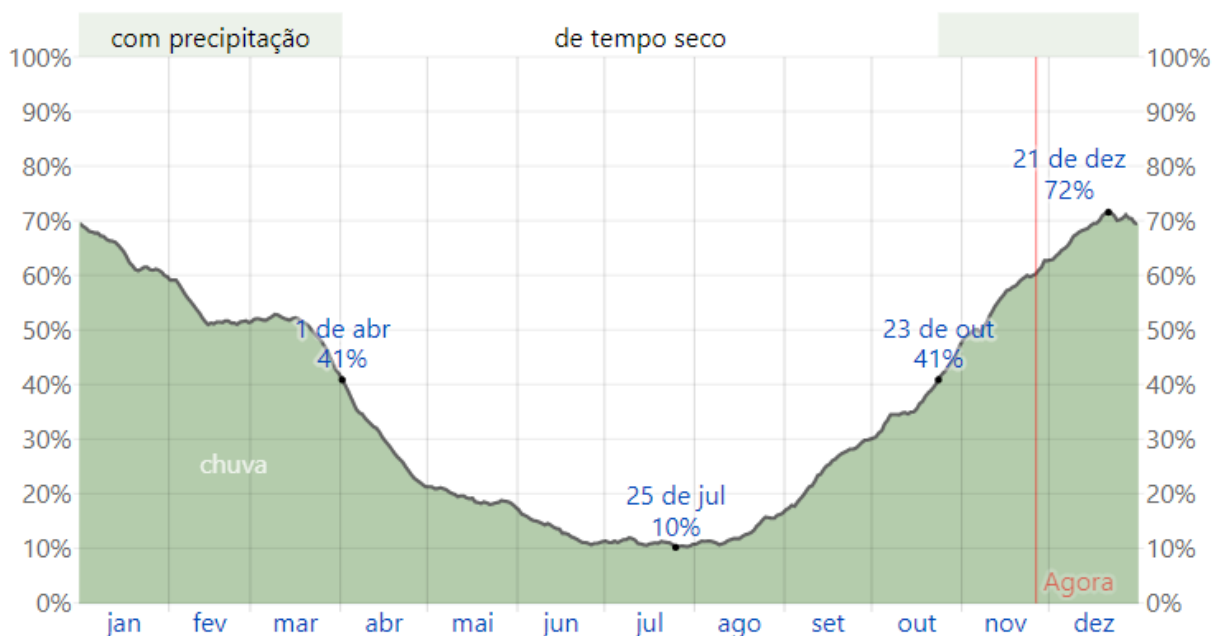


Figura 2. Probabilidade de precipitação em Paraíba do Sul, RJ. Fonte: (Weather Spark, 2022).

3.1.3 Vegetação

A vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul fluminense é caracterizada por uma grande diversidade biológica, evidenciada em um dos principais domínios brasileiros, a Floresta Atlântica, que nessa área é representada pela Floresta Estacional Semidecidual (Bromana 2019). Além da Floresta Estacional Semidecidual Submontana, a Floresta Estacional Semidecidual Montana e, em alguns pontos, a Floresta Ombrófila Densa Montana (O Estado do Ambiente, 2011). Predomina, em seu revestimento florístico, a vegetação rasteira (Bastos 2012).

3.1.4. Unidades de Conservação

Todo o município de Paraíba do Sul está inserido na APA Rainha das águas, criada a partir do Decreto Municipal N.º 1.323 de 2015 (PARAÍBA DO SUL, 2015). Sua nomenclatura deu-se a partir das fontes de água mineral muito conhecidas na região, devido suas concentrações singulares de diferentes elementos como água ferruginosa, alcalina e magnesiana. Estas fontes estão localizadas no Parque das Águas Minerais Salutaris da cidade (Lima 2020). Este trabalho pode contribuir na elaboração de propostas para um futuro plano de manejo por apresentar

técnicas que possam incluir diversas áreas de vegetação por inúmeros pontos na cidade, visando disciplinar e nortear o processo de ocupação do solo, buscando a interação da população com o meio ambiente e consequentemente mostrando a importância da educação ambiental para a proteção dos ecossistemas. Assim como pode auxiliar na preservação da beleza cênica e ecológica do município de Paraíba do Sul e também estimular práticas de desenvolvimento sustentável e melhoria de qualidade de vida populacional.

3.1.5 Urbanização

O alastramento da área urbanizada de Paraíba do Sul se deu ao longo do rio Paraíba do Sul e ao longo da ferrovia da Rede Ferroviária Federal S/A (RFFSA), progressivo por áreas próximas da rodovia BR-393, que acessa Três Rios, a nordeste, e Vassouras, a sudoeste (TCE RJ 2021).

A figura 3, mostra a dispersão populacional caracterizada pelo crescimento espacial da mancha urbana de maneira alastrada, relacionada ao distanciamento de grupos sociais em porções territoriais da cidade no período de 1985 a 2021 (Alves 2022). Este crescimento populacional significativo foi guiado pela expansão da infraestrutura urbana, mostrando indícios de que quanto maior for a população, maior será a área de infraestrutura urbana e a quantidade de fragmentos no território, ocasionando a junção de um ou mais fragmentos de mancha urbana (Alves 2022).

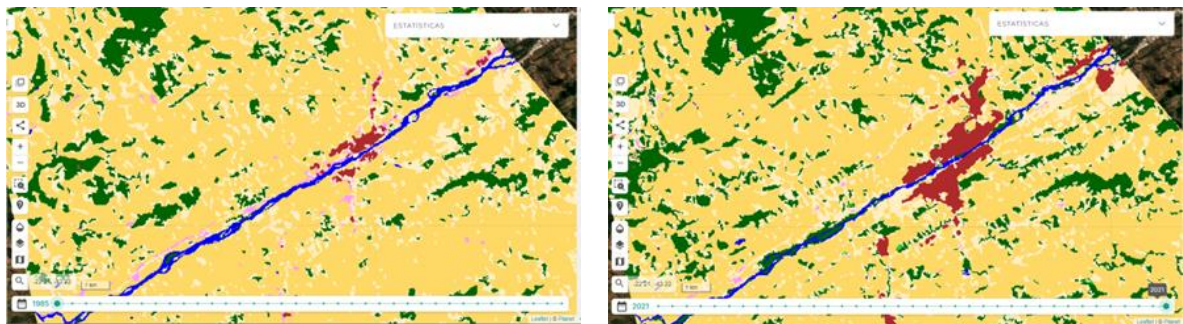


Figura 3. Comparação da ocupação urbana do município de Paraíba do Sul, RJ entre os anos de 1985 e 2021.

Fonte: MapBiomias 2023.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Registros de Desastres Naturais em Paraíba do Sul

A cidade de Paraíba do Sul, está incluída no Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil referente ao período de 1991 a 2021, no qual trata-se de uma ferramenta que fornece informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres e aos danos e prejuízos decorrentes. Criada inicialmente a partir da cooperação entre Banco Mundial e a Universidade de Santa Catarina, por meio do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – Ceped/UFSC, esta ferramenta é atualizada por dados registrados junto à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sedec/MDR com a cooperação da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU.

O mapa a seguir, mostra os dados referentes aos desastres naturais entre os anos de 1991 a 2021 no estado do Rio de Janeiro, onde o município de Paraíba do Sul está localizado. As escalas em relação aos eventos de alagamentos, enxurradas e inundações tem uma variação de 1 a 30. Em todo o estado, as ocorrências foram de 598 eventos, os óbitos chegaram a 1.026, desabrigados e desalojados totalizam 393.05 mil e o total de afetados é de 3.17 mil. Já os Danos monetários totais são de R\$ 12.23 bilhões, enquanto os prejuízos chegam a R\$ 5.63 bilhões de reais (Figura 4). Sendo, os dois últimos valores a partir do ano de 1995.

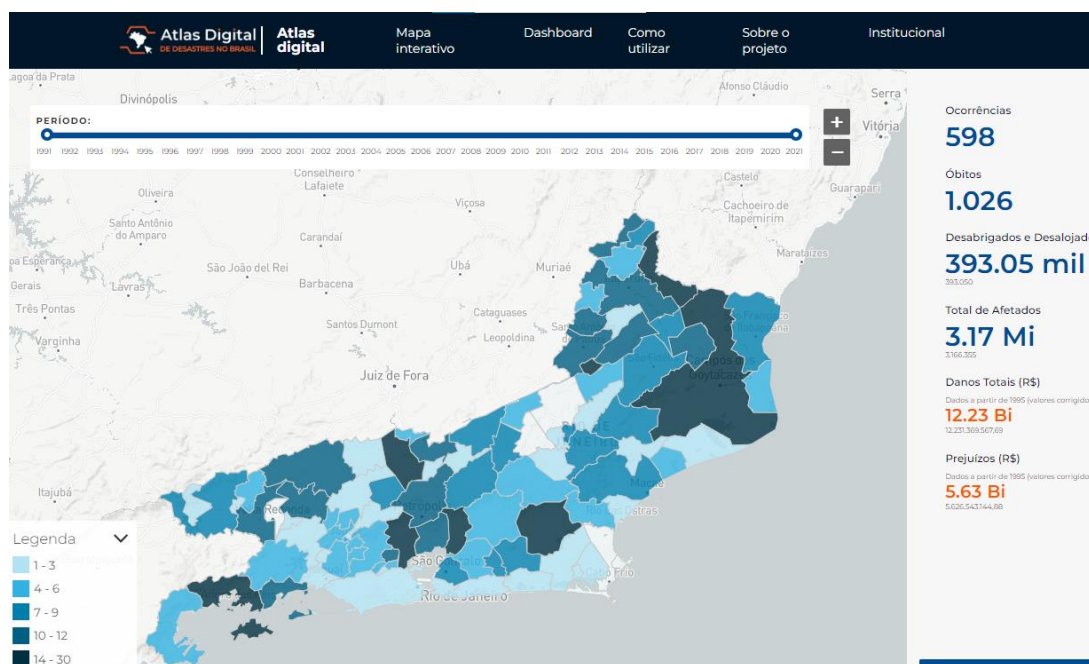


Figura 4. Registros de alagamentos, enxurradas e inundações no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Atlas Digital

de Desastres Naturais no Brasil, 2023.

Paraíba do Sul está entre os municípios do estado do Rio de Janeiro que mais registraram tais desastres citados entre os anos de 1991 a 2021, pertencendo a escala de 14 a 30 eventos neste período, considerado nível alto. A cidade registrou 16 ocorrências dos desastres já citados, sem apresentar nenhum óbito. Entre desabrigados e desalojados, foram registrados 3.995, o total de afetados foi de 15.306. Os danos monetários alcançaram o valor de R\$ 45 milhões e os prejuízos chegaram a R\$ 77 milhões de reais. Vale ressaltar que os dois últimos valores foram aproximados ao valor exato (Figura 5).

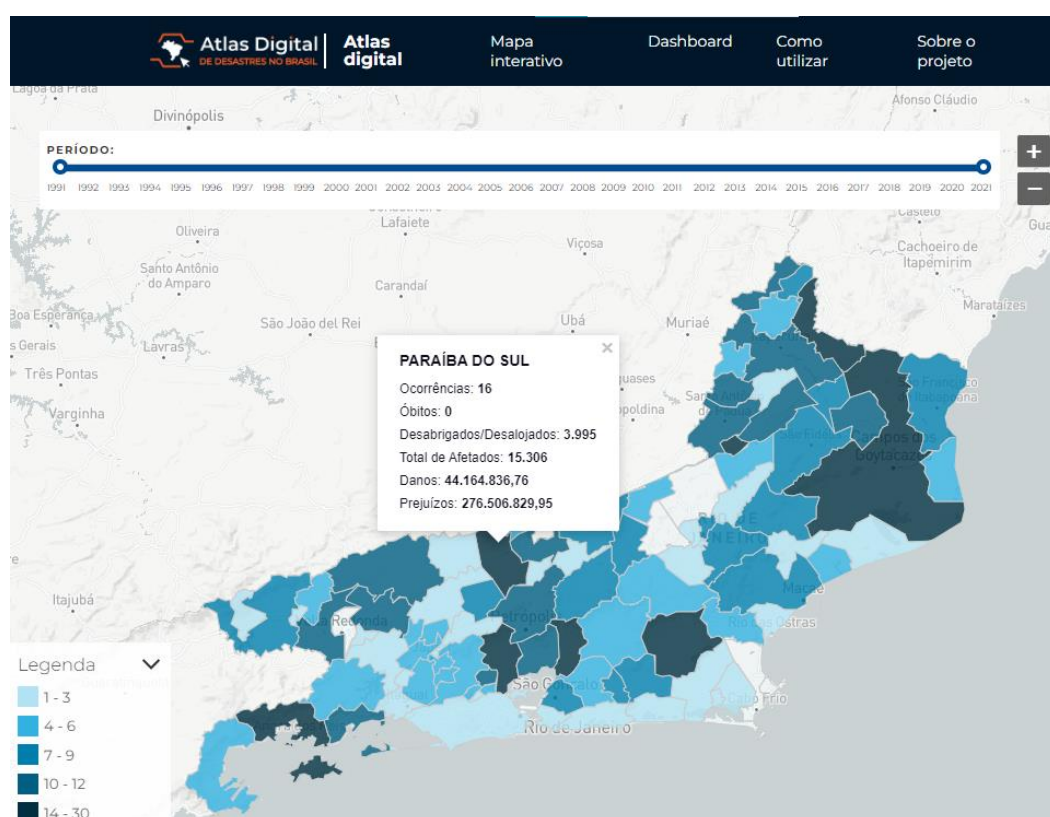


Figura 5. Registros de alagamentos, enxurradas e inundações no município de Paraíba do Sul. Fonte: Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil, 2023.

Alagamentos são definidos, conforme a Classificação e a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), proposta em 2012, como:

“Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em

decorrência de precipitações intensas [...]” (Brasil, 2012, p. 73) e da topografia suave (Cerri, 1999).

Dentre os tipos de desastres, o Atlas mostra que o estado do Rio de Janeiro apresenta diversos municípios nos quais foram registrados eventos de alagamentos. No estado como um todo, houve 92 ocorrências e 7 óbitos. Em relação aos desalojados e desabrigados houve 23.47 mil, já o total de afetados foram 774.03 mil pessoas. Enquanto os danos totais monetários relacionados perdas estruturais e gastos com saúde atingiram R\$ 626.55 mil reais, os prejuízos devidos as perdas estruturais chegaram a R\$ 94.9 mil reais.

Paraíba do Sul também faz parte dos municípios do Estado do Rio de Janeiro em que há consideráveis registros de alagamentos. De 1 a 7, a cidade encontra-se na escala 1, pertencendo ao nível mais baixo, em comparação aos demais municípios que registraram esse tipo de desastre no estado. Durante o período de 1991 a 2021, a cidade apresentou 1 ocorrência, totalizando 4.070 pessoas afetadas e deixando um total 70 desalojados e desabrigados. No entanto, não houve nenhum óbito registrado, nenhum prejuízo e dano monetário, como mostra a figura 6. A ocorrência desse desastre, pode estar relacionada à canalização dos rios urbanos, a ineficiência dos sistemas de drenagem e a processos erosivos nas áreas urbanas, causando entupimento das drenagens.

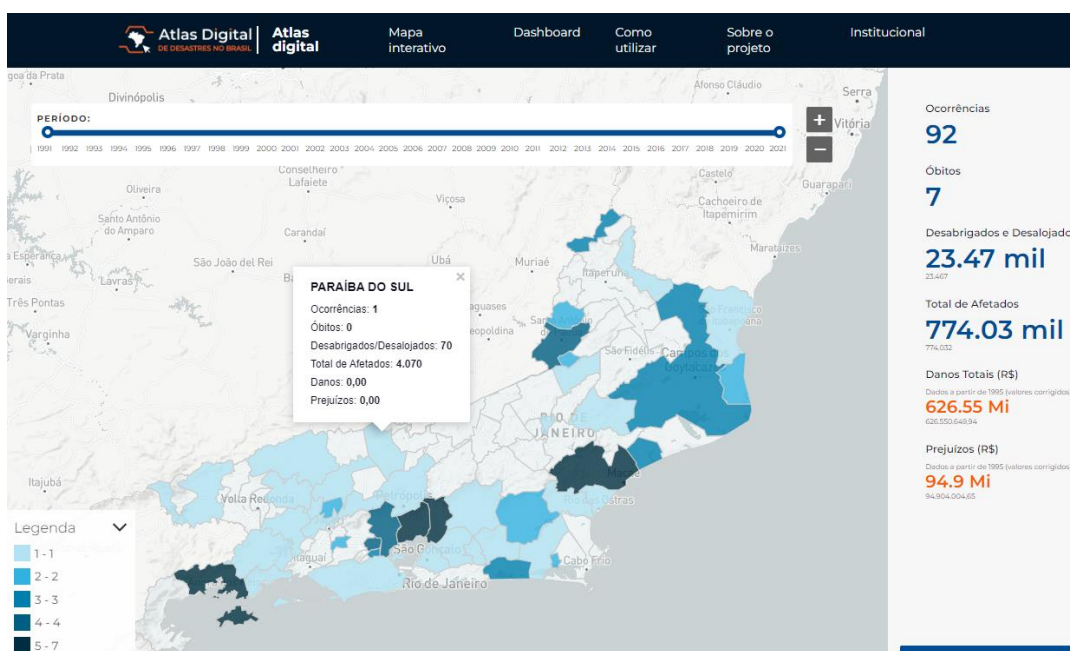


Figura 6. Registros de alagamentos no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul. Fonte: Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil, 2023.

As severas inundações foram denominadas enxurradas e definidas, de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), proposta em 2012, como:

Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracteriza-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. (BRASIL, 2012, p. 73).

O mapa a seguir mostra os municípios e suas escalas referentes aos eventos de enxurradas, tendo variação de escala de 1 a 7. Das 280 ocorrências registradas em todo estado do Rio de Janeiro, a cidade de Paraíba do Sul apresentou 7. Em relação às mortes, o município não apresentou nenhuma, já na esfera do Estado, houve 957. Enquanto os desabrigados e desalojados atingiram um total de 193.697 mil no Estado, na cidade foram 2.205 mil. No estado, o total de afetados é de 1.36 milhões e em Paraíba do Sul foi 5.207 mil. Por fim, no que diz respeito aos danos monetários e prejuízos, o estado do Rio de Janeiro registrou respectivamente 9,89 bilhões e 4.16 bilhões de reais. Já no âmbito do município, o primeiro atingiu um valor consecutivamente aproximado a R\$ 16.21 milhões e R\$ 7.93 milhões de reais. Por isso, Paraíba do Sul está entre os municípios do Estado do Rio de Janeiro que mais registraram eventos de enxurradas entre 1991 e 2021, pertencendo a escala de 7 a 8 eventos neste período (Figura 7), considerado nível alto. Pode-se dizer que a intensidade e frequência dos eventos na cidade, ocorreu devido a intensa impermeabilização das ruas, calçadas e praças, provocando a redução da infiltração associada à urbanização irregular e/ou a inexistência de planejamento territorial.

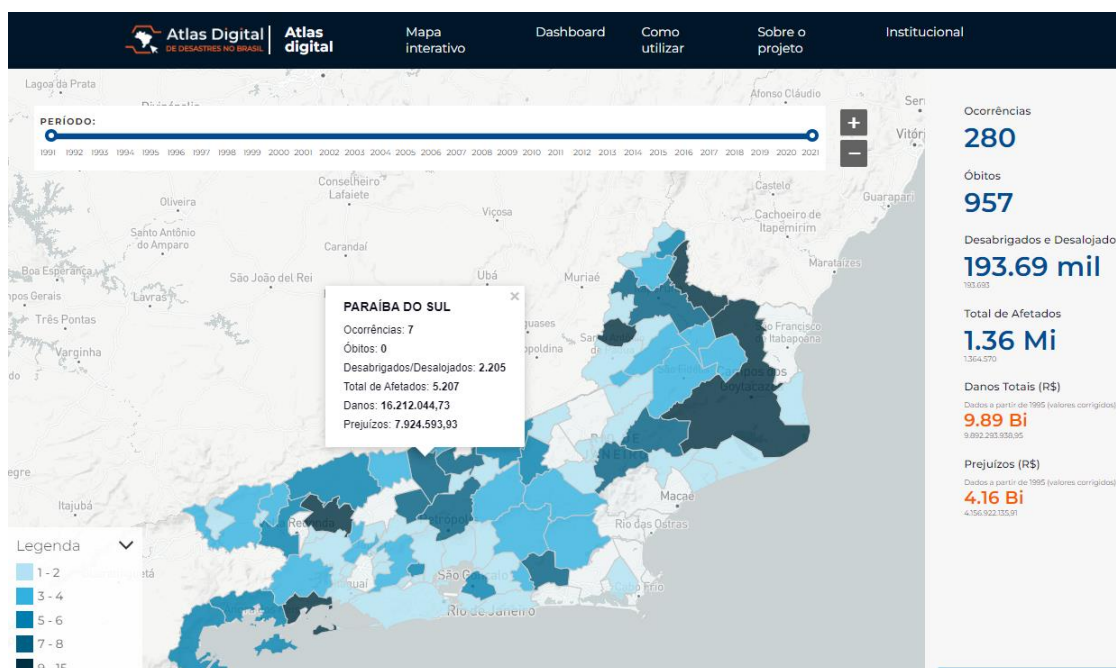


Figura 7. Registros de enxurradas no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul. Fonte: Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil, 2023.

As inundações, nas quais já foram antes caracterizadas como “enchentes ou inundações graduais” constituem o grupo dos desastres naturais hidrológicos, segundo a nova Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Sendo definidas como:

Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície. (Brasil, 2012, p. 73)

A causa da sua ocorrência, se dá pelo crescimento desenfreado da população na cidade ao decorrer dos anos, além da pavimentação do solo para fins de moradias, edificações e comércio local.

Ao se tratar de inundações, o Estado do Rio de Janeiro também registrou eventos em diversos municípios. Em todo o estado, foram 226 ocorrências, 62 óbitos e 175.89 mil desalojados e desabrigados, além de aproximadamente 1.03 milhões de afetados. Já sobre os danos totais monetários foram registrados aproximadamente R\$ 1.71 bilhões e os prejuízos chegaram próximos a R\$ 1.37 bilhões de reais.

A cidade de Paraíba do Sul, está entre as cidades que mais registraram eventos de inundações no estado. Na escala de 1 a 14, a cidade encontra-se na escala de 7 a 8, pertencendo ao nível alto referente a esses eventos. Houve 8 ocorrências desse tipo de desastre, apresentando 6.029 mil correspondentes ao total de afetados e deixando 1.720 mil desalojados e desabrigados. No entanto, a cidade não apresentou nenhum óbito. Em relação aos danos totais monetários e aos prejuízos, os valores chegaram próximos a R\$ 27.95 milhões e R\$ 268.59 milhões de reais consecutivamente, como ilustra a figura 8.

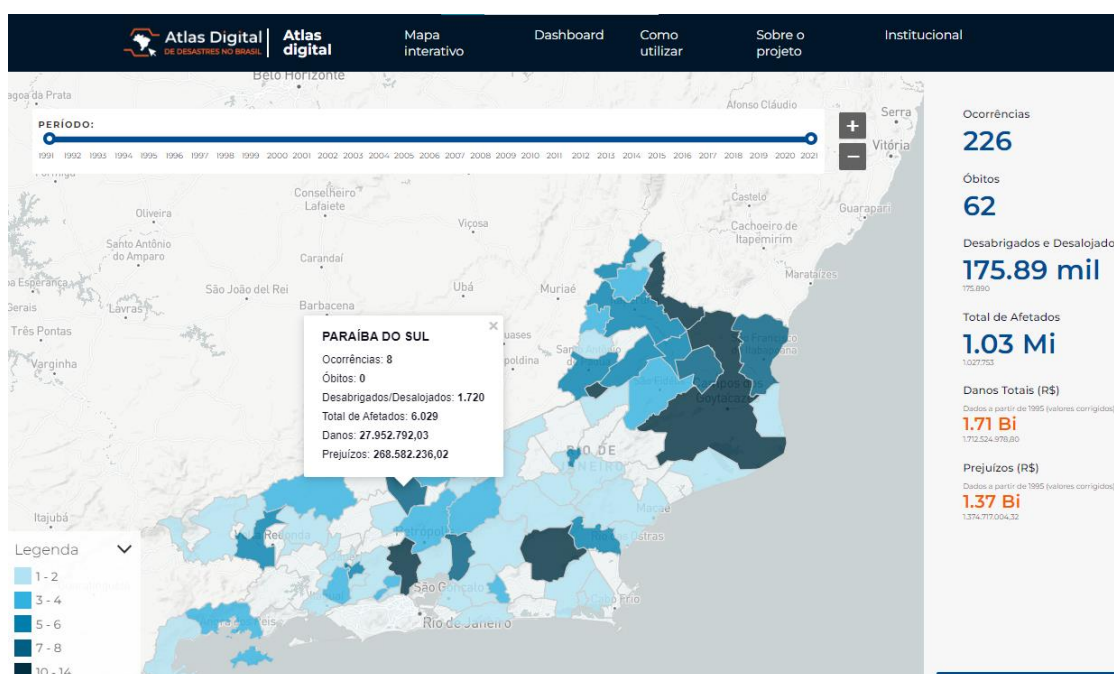


Figura 8. Registros de inundações no estado do Rio de Janeiro e no município de Paraíba do Sul. Fonte: Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil, 2023.

Como publicado no portal G1, no ano de 2016 o município de Paraíba do Sul foi severamente afetado pela intensa chuva no mês de janeiro, ocasionando inundações e alagamentos por quase toda cidade. Diante de tamanhos prejuízos, a cidade decretou estado de calamidade pública e 2 (duas) pessoas ficaram feridas, de acordo com a Defesa Civil (Figura 9).



Figura 9. Reportagem do portal G1 sobre alagamentos e inundações em Paraíba do Sul. Fonte: G1 2016.

Segundo a reportagem, a chuva teve início na noite de sexta feira (15) e perdurou até a madrugada de sábado (16). A Defesa Civil da cidade informou que o volume previsto para a chuva era de 40mm, volume no qual já classificado como alto, porém em um período de 8 horas choveu 75mm. A média normal do Rio Paraíba do Sul é de 1,10 metros, mas com a intensa chuva, chegou a 4,15 metros, atingindo diversas casas e toda população localizada à margem do rio. Um dos agravantes do aumento significativo do nível do rio foi o enchimento de diversos afluentes (G1 2016).

A Defesa Civil analisou os prejuízos e catalogou os principais bairros afetados pelo desastre, sendo eles: Jatobá, Bela Vista, Caminho de Dentro, Santo Antônio, Bairro da Grama, Liberdade, Inema e Centro (G1 2016).

Juntamente com a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiro foi acionado e auxiliou no socorro aos moradores afetados e em locais de risco em diversos bairros, transportando-os para locais seguros. Foi informado que 117 famílias ficaram desabrigadas e no distrito Matosinhos muitas famílias encontravam-se isoladas, tais dados foram disponibilizados pela Defesa Civil. ela também informou que havia o risco de o nível do rio subir mais 1,5m nas 2 (duas) horas seguintes, mesmo já estando 3m acima do normal (G1 2016).

Além disso, um bebê com cerca de um ano de idade e o pai ficaram feridos devido ao soterramento parcial de ambos que estavam dentro de sua residência. As vítimas foram socorridas pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu) e levadas diretamente para o Hospital Nossa Senhora da Conceição, em Três Rios/RJ (G1 2016).

As figuras 10, 11 e 12 são alguns registros de moradores comprovando o quão alto o nível do rio subiu, alagando ruas como Avenida Marechal Castelo Branco, invadindo casas, e até mesmo quase cobrindo um caminhão que estava estacionado em uma das ruas da cidade.



Figura 10. Avenida Marechal Castelo Branco alagada devido a enchente em Paraíba do Sul. Fonte: pela Willian Moreira dos Santos/arquivo pessoal morador 2016.



Figura 11. Enchente que invadiu casa em Paraíba do Sul. Fonte: Thiago Cabral/arquivo pessoal de morador 2016.



Figura 12. Caminhão quase submerso devido a enchente em Paraíba do Sul. Fonte: Cátia Piresa/ arquivo pessoal morador 2016

O portal G1 registrou mais uma reportagem para atualizar dados e notícias referentes à enchente ocasionada pela chuva intensa registrada no fim de semana da madrugada do dia 16 e do dia 17 de janeiro de 2016 na cidade de Paraíba do Sul. A reportagem mostra que 850 famílias ficaram desalojadas e 112 desabrigadas e que 6 bairros na cidade foram atingidos além da área rural totalizando mais de 800 casas (Figura 13).



Figura 13. Reportagem sobre atualização de dados e notícias da enchente em Paraíba do Sul. Fonte: G1 2016

Diversos moradores que tiveram suas casas afetadas ou destruídas pela enchente foram levados para uma escola do município que serviu de abrigo para a população. Tais prejuízos foram agravados devido a uma tromba d'água vinda da cidade vizinha Paty do Alferes/RJ que junto com a forte chuva da madrugada do fim de semana causou a enchente em quase toda a cidade (G1 2016).

A moradora Josiane da Silva, afetada pelo desastre natural, foi entrevistada pela equipe do G1 e descreveu: "Nós estávamos em casa, vimos a água no chão, estava baixinho. Fomos entrar na casa de novo e percebemos que estava chegando no joelho. Nós começamos a pegar algumas coisas, mas não deu para pegar outras porque já estavam enterradas no barro" (G1 2016).

A reportagem também traz a informação de que devido aos graves estragos, os moradores ribeirinhos foram isentados do pagamento do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) pela prefeitura e que a mesma disponibilizaria um aluguel social às pessoas que tiveram suas moradias afetadas pela enchente, como medida de auxílio financeiro. A secretária de Assistência Social, Mariângela Santos declarou: "Já estamos fazendo um cadastramento para que a gente tenha uma noção maior e melhor de tudo que aconteceu" (G1 2016).

Em 10 de janeiro de 2022, a redação do jornal Entrerios publicou uma matéria sobre deslizamentos e alagamentos provocados por uma intensa chuva no município de Paraíba do Sul ocorridos no mesmo mês (Figura 14).



Figura 14. Matéria publicada pelo Entrerios Jornal sobre os alagamentos e deslizamentos em Paraíba do Sul.

Fonte: Entrerios Jornal 2022.

Tais eventos aconteceram no dia seis de janeiro afetando os bairros Inema, Liberdade e Amapá como ilustrado nas figuras 15 e 16, onde a força da água das chuvas invadiram diversas residências e as pessoas ficaram ilhadas (Entrerios Jornal 2022).



Figura 15. Água invadindo casas no bairro Inema.

Fonte: Entrerios Jornal 2022.



Figura 16. Casa afetada pelas chuvas intensas no bairro Liberdade. Fonte: Entrerios Jornal 2022

Outro local bastante afetado foi o Residencial Portal do Sol, localizado no bairro Parque Morone. Com o deslizamento de terra do local, o morro acabou cedendo abrindo uma cratera no barranco. Devido ao grau do deslizamento, a terra foi carregada até a Avenida das Nações, localizada próxima ao HTO Dona Lindu, referência na cidade no setor de saúde (Entrerios Jornal 2022).

O mesmo jornal fez outra publicação em seu site no dia 25 de janeiro registrando o risco de desabamento da rua do Portal do Sul, como mostrado na Figura 17.



Figura 17. Matéria sobre o risco de desabamento em rua do Portal do Sol em Paraíba do Sul. Fonte: Entrerios Jornal

Desde o início de janeiro tem ocorrido o deslizamento de terra no morro sob a rua Vereador Marco Aurélio Bonfante, no bairro Portal do Sol e com isso, a mesma representa risco iminente para a população local, já em estado alarmante devido às fortes chuvas na cidade (Entrerios Jornal 2022).

Uma extensa fenda se abriu no asfalto e sinais de deslizamento apareceram devido ao processo erosivo acelerado, afetando a principal via de acesso a Paraíba do Sul, a Avenida das Nações. Foi feita uma análise técnica por Agentes do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), na qual a sugestão é a interceptação do trânsito na Avenidas das Nações e a interdição da Rua Vereador Marco Aurélio Bonfante (Entrerios Jornal 2022).

Como tentativa de solucionar o problema de deslizamento e erosão do local, foi realizada a técnica de semeadura direta que é considerada versátil e de baixo custo para a recuperação florestal, podendo ser usada em situações em que a regeneração natural ou plantio de mudas não podem ser executados (Mattei 1995). Esse processo tem como objetivo, dar início ao processo de recuperação através da revegetação utilizando métodos que viabilizam a sucessão ecológica, recobrindo o solo exposto e incitando o estabelecimento de espécies vegetais (Santos 2010). Outra medida foi a construção de platôs que se trata de uma porção de terra com superfície plana e elevada com a função de reduzir a energia da água que escoar pelo

morro. Ademais a recondução da água também foi aplicada, por se tratar de uma técnica que conduz a água que seria escoada para outro local, o que evitaria o deslizamento de terra. No entanto, os processos erosivos continuam ativos e prejudicando as drenagens urbanas na entrada da cidade, afetando o bairro Parque Morone.

Além disso, segundo um parecer técnico elaborado pela defesa civil, a cidade já apresentava fortes chuvas desde o dia 17 de dezembro de 2021 e no dia 11 de janeiro de 2022 choveu 72 mm em duas horas. A prefeitura decretou estado de emergência nível II diante de todos os desastres naturais como deslizamento de terra, desmoronamento de lajes, transbordamento do rio Paraíba do Sul e consequentemente enchente em vários pontos da cidade devido a intensa precipitação. Tais estragos afetaram principalmente a população ribeirinha e residências próximas a encostas e taludes totalizando cerca de 130 casas afetadas (Pereira 2022).

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade, elaborado em 2014, foram registrados em 2013, algumas ocorrências de erosão em alguns locais, devido ao relacionado ao corte do barranco sem uma devida proteção contra erosão e ao assoreamento dos canais e da rede de drenagem da cidade (Figura 18). Esse processo de erosão ocorre, principalmente, no período chuvoso, onde elementos do solo são conduzidos rapidamente no sentido de menor declive e ocasiona esgotamento das vias ou até mesmo assoreamento de rios e córregos (Vallenge 2014).



Figura 18. Local com processo erosivo devido ao corte do barranco em Paraíba do Sul. Fonte: Vallenge 2013.

Já a Figura 19, ilustra uma contenção de paliçada construída por moradores, utilizando pneus, na margem dos córregos e ribeirões da cidade. Esta técnica é uma tentativa de proteger as moradias e terrenos localizados nestes locais, já que em períodos chuvosos a vazão do rio aumenta, elevando também a quantidade e velocidade das águas que desaguam nos ribeirões e córregos que cortam a cidade, ocasionando graves destruições e prejuízos.



Figura 19. Construção de uma paliçada de pneus feita pelos moradores, na tentativa de evitar a erosão da margem e destruição do imóvel. Fonte: Vallenge 2013

Juntamente com os processos erosivos, também houve registros de alagamento e inundação no município, por haver um estreitamento na rede hídrica, além do sistema de macrodrenagem não ser suficiente para suprir todo o escoamento superficial (Vallenge 2014).

Os defeitos que a microdrenagem apresenta também são definidos como fator causador destes desastres, já que apresenta péssimo estado de conservação, como mostra a figura 20 (Vallenge 2014). E com isso, muitas das vezes facilitam a introdução de sujeira e material indesejado induzindo o entupimento da rede.



Figura 20. Bocas de lobo em péssimo estado de conservação. Fonte: Vallengue 2013

Com base no Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade, foram identificados diversos bairros com uma significativa frequência na ocorrência de desastres naturais, caracterizando tais locais como áreas de risco. Dentre eles, se destacam os bairros Parque Morone, Grama, Jatobá e Eldorado, obtendo a maior concentração de moradias em risco, como indicado na tabela 1 (Do Sul 2014).

Tabela 1. Bairros com frequência de eventos de desastres naturais no município de Paraíba do Sul/RJ. Fonte: Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, 2012

Hierarquia	Bairro	Localização do ponto	Moradas sob risco	Pessoas sob risco	Coord. E	Coord. N
1	Parque Moroni	PS-NR-015 - Avenida Brasil	11 moradas	44	676844	7549849
2	Gramma	PS-BG-003 - Travessa Malta	11 moradas	44	676399	7547679
3	Jatobá	PS-BG-005 - Travessa Joaquim Fontes	10 moradas	40	676124	7547531
4	Parque Moroni	PS-NR-014 - Rua Uruguai	10 moradas	40	676764	7549904
5	Eldorado	PS-NR-004 - Rua Prefeito Antônio da Cruz Barros	10 moradas e 1 igreja	40	675421	7550786
6	Eldorado	PS-NR-005 - Rua Prefeito Antônio da Cruz Barros	9 moradas	36	676042	7550853
7	Jatobá	PS-BG-006 - Avenida Rodolfo Pena	8 moradas	32	675985	7547450
8	Jatobá	PS-BG-007 - Avenida Rodolfo Pena	8 moradas	32	675954	7547407
9	Eldorado	PS-NR-001 - Rua Prefeito Antônio da Cruz Barros	7 moradas	28	675376	7550784
10	Palhas	PS-NR-021 - Rua Luiz José Neves	7 moradas	28	675631	7548013
11	Parque Moroni	PS-NR-013 - Rua Venezuela	7 moradas	28	676906	7549721
12	Eldorado	PS-NR-006 - Rua Prefeito Antonio da Cruz de	6 moradas	24	676093	7550938
13	Limoeiro	PS-NR-010 - Rua Limoeiro / Rodovia RJ-393	6 moradas	24	677160	7550581
14	Eldorado	PS-NR-007 - Rua Prefeito Antonio da Cruz Barros	6 moradas	24	676169	7550972
15	Liberdade	PS-IR-002 - Rua Durvalino Francisco de Oliveira	6 moradas	24	674516	7547548
16	Parque Niagara	PS-BG-012 - Travessa Bom Jesus do Matosinho	5 moradas e 1 obra	20	675424	7547348
17	Gramma	PS-BG-004 - Travessa Malta	5 moradas	20	676429	7547710
18	Santo Antônio/Vila Salutaris	PS-BG-015 - Beco José Adão	5 moradas	20	675805	7546067
19	Inema (Morada)	PS-IR-005 - Rua Hortência	4 moradas e 1 comércio	16	673590	7544958
20	Caminho de dentro	PS-BG-018 - Beco A	4 moradas (1 desocupada)	16	676055	7546404
21	Jatobá	PS-BG-010 - Avenida Doutor Rodolfo Pena	4 moradas e 3 comércios	16	676020	7547487
22	Caminho de dentro	PS-BG-017 - Rua Sol Santana	1 moradia	16	676055	7546307
23	Palhas	PS-NR-018 - Rua Barbosa Bastos	4 moradas e 1 obra	16	675067	7548028
24	Limoeiro	PS-NR-008 - Rua Leonor de Souza Barros	3 moradas	12	676987	7550466
25	Lavapéis	PS-NR-012 - Rua Nova Paraíba	3 moradas	12	676364	7549707
26	Centro	PS-NR-016 - Rua Otávio Vieira	3 moradas	12	676455	7548697
27	Caminho de dentro	PS-BG-016 - Rua Mariano Joaquim Santana	3 moradas	12	676107	7546123
28	Caminho de Dentro	PS-BG-020 - Travessa Brás José Gonçalves	3 moradas	12	676121	7546380
29	Amapá	PS-BG-014 - Ieda do Espírito Santo	3 moradas	12	674978	7546579
30	Inconfidência	PS-IR-004 - Rua Flomina Maria Esquerda	3 moradas	12	686465	7538177
31	Centro	PS-BN-004 - Rua Rangel Pestana	3 moradas	12	677130	7548723
32	Liberdade	PS-BN-001 - Rua Isaura Barbosa	3 moradas	12	674635	7547311
33	Liberdade	PS-IR-001 - Rua Sônia Maria Pereira	3 moradas	12	674315	7547515
34	Eldorado	PS-NR-003 - Rua Prefeito Antonio da Cruz Barros	3 moradas	12	675572	7550734
35	Eldorado	PS-NR-002 - Rua Prefeito Antônio da Cruz Barros	3 moradas	12	675437	7550756
36	Morro da Alegria	PS-BG-008 - Rua José Batista Guimarães	2 moradas	8	676813	7547964
37	Gramma	PS-BG-002 - Rua Verbo	2 moradas	8	676411	7547639
38	Liberdade	PS-BN-003 - Travessa Maria José Pires	2 moradas	8	674939	7547473
39	Caminho de dentro	PS-BG-019 - Travessa Brás José Gonçalves	2 moradas	8	676162	7546362
40	Palhas	PS-NR-020 - Rua Alberto Cruz	2 moradas	8	675772	7547980
41	Liberdade	PS-BN-002 - Rua Zulmira de Moraes Tavares	2 moradas	8	674806	7547410
42	Liberdade	PS-IR-003 - Rua Luciano Tavares	2 moradas	8	674799	7547543
43	Amapá	PS-BG-013 - Avenida Montmor	1 moradia	4	674656	7546823
44	Gramma	PS-BG-001 - Rua Domingo de Souza Costa	1 moradia	4	676334	7547624
45	Grotão	PS-BG-009 - Rua Bernadino Franco	1 moradia	4	676365	7547537
46	Caminho de Dentro	PS-BG-021 - Travessa Brás José Gonçalves	1 moradia	4	676165	7546410

No bairro Parque Morone foram construídas diversas residências submetidas ao risco iminente dos desastres naturais, além de apresentar uma densidade populacional significativa. As ruas deste bairro que apresentem mais riscos são: Avenida Brasil, Rua Uruguai e Rua Venezuela (Figura 21), no entanto é de suma importância uma descrição mais minuciosa e um rastreamento da defesa civil da cidade (Do Sul 2014)



Figura 21. Área de risco do bairro Parque Morone, Paraiba do Sul RJ. Fonte: *Google Earth*, 2022.

Já o bairro Liberdade é constituído por moradias construídas irregularmente, como por exemplo na base de uma das encostas na rua a montante da Rua Durvalino Francisco de Oliveira (Figura 22). há predominância de encostas, além da densidade da população ser alta e o padrão construtivo ser muito baixo, o que agrava a situação de risco de deslizamentos (Do Sul 2014).



Figura 22. Área de risco do bairro Liberdade, Paraiba do Sul RJ. Fonte: *Google Earth*, 2022.

Outro bairro que também apresenta características de área de risco é o bairro Palhas, onde a Rua Luís José Neves é uma das ruas consideradas de maior risco de enchentes (Figura 23), sendo esta, a de menor declividade e a que recebe a maior quantidade das pluviais vindas de outras ruas em seu entorno. Esta área é constituída por um grande número de casas e com isso, tornam-se mais graves os impactos devido às fortes chuvas e a frequência de enchentes registradas na mesma (Do Sul 2014).



Figura 23. Área de risco do bairro Palhas, Paraíba do Sul RJ. Fonte: *Google Earth*, 2022

Levando em consideração os registros de desastres naturais e as áreas consideradas de riscos na cidade de Paraíba do Sul, a implantação de infraestruturas verdes nos locais mais afetados é a melhor ferramenta para a contribuição na redução do escoamento superficial e funciona como medida de mitigação dos desastres naturais com baixo custo quando comparada às medidas de estruturas convencionais de drenagem urbana.

Os bairros Parque Morone, Liberdade, Palhas e Lava Pés foram catalogados como os bairros mais afetados por desastres naturais na cidade. Ademais, o bairro Centro também sofre com as chuvas intensas onde suas ruas ficam completamente alagadas afetando não só as moradias, como também todo o comércio local centralizado no mesmo.

Sendo assim, estes bairros foram selecionados como indicação para implantação de infraestruturas verdes, a fim de mitigar os efeitos dos desastres naturais.



Figura 25. Praça São Pedro São Paulo no bairro Centro atingida por forte enxurrada causando alagamento.

Fonte: G1 2019.

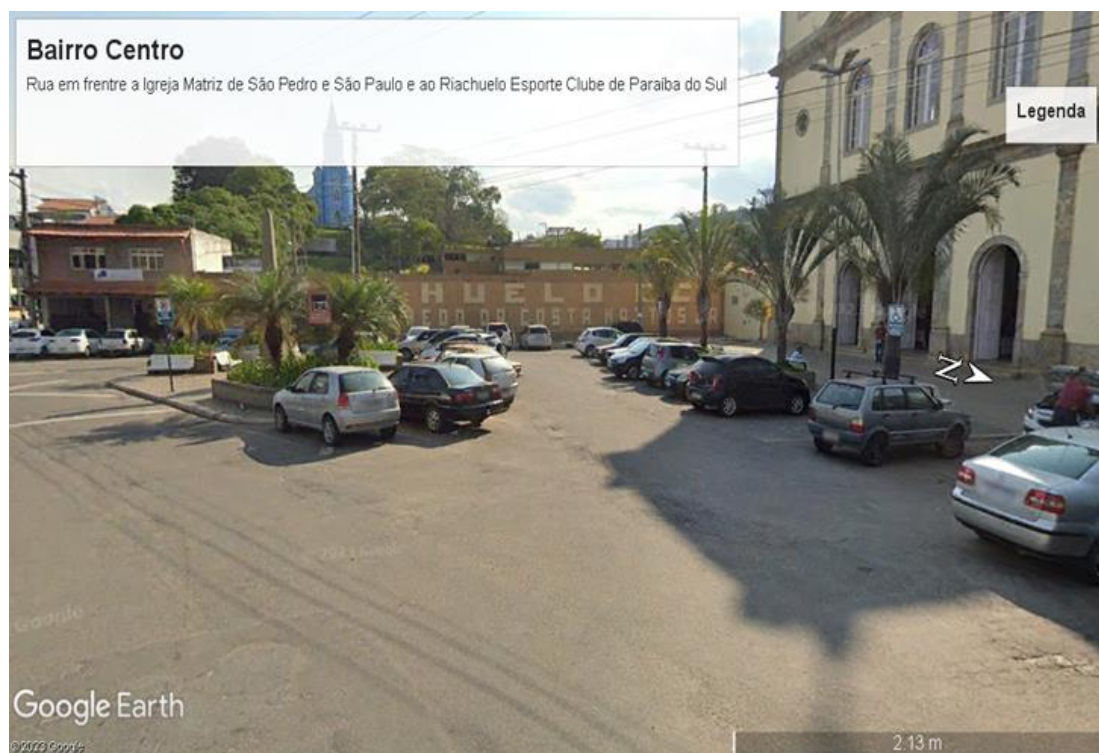


Figura 26. Praça São Pedro São Paulo no bairro Centro em período de estiagem. Fonte: Google Earth, 2023.

O ponto 2 está situado na praça Garcia, próximo ao ponto 1, no qual apresenta no seu entorno o núcleo comercial da cidade e que em períodos chuvosos também é atingido por enxurradas. Já o ponto 3 encontra-se ao oposto do ponto 2 e que por estar localizado em um local após o fim da ponte que cruza a cidade e apresenta menor declividade, recebe grande quantidade de água das inundações. Assim como o ponto 4 está localizado à margem do Rio Paraíba do Sul, e por isso recebeu o nome de “Beira Rio”, local reservado para lazer no qual há pista para caminhada, parquinho infantil, alguns aparelhos indicados para ginástica e além disso também é constituído por casas e pela parte anterior de algumas lojas comerciais e um pequeno estacionamento para clientes das mesmas. Neste ponto, o índice de inundação é extremamente alto devido à sua localização e em períodos chuvosos apresentam grande risco para a cidade. Por fim, o ponto 5 está localizado na Praça Marquês de São João Marcos, apelidada pelos moradores de “Jardim Velho”, onde seu entorno tem residências, comércios, supermercado, prédios residenciais e comerciais e o Clube Social de Paraíba do Sul. Neste ponto, suas ruas sempre são atingidas pelos desastres naturais como as inundações e as enchentes (Figura 27), o que acarreta, como os outros pontos, diversos transtornos e prejuízos para moradores, comerciantes e para a prefeitura local.



Figura 27. Praça Marquês de São João Marcos e as ruas em seu entorno alagados. Fonte: Climatempo 2016.



Figura 28. Praça Marquês de São João Marcos e as ruas em seu entorno em período de estiagem. Fonte: *Google Earth 2023.*

Se tratando do bairro Parque Morone, foram registrados 3 pontos que apresentam mais registros de destruição devido aos desastres naturais, principalmente por receberem vasta quantidade de águas pluviais, já que se localizam na parte mais baixa do bairro e também por fazerem parte da área de risco uma vez que estão próximos ao local que apresenta grande risco de deslizamento no bairro vizinho denominado Portal do Sol (Figura 29).



Figura 29. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Parque Morone. Fonte: Google Earth 2023.

Para o bairro Liberdade, foram escolhidos 4 pontos para implantação de infraestrutura verde (Figura 30).



Figura 30. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Liberdade. Fonte: Google Earth 2023.

O bairro apresenta alto índice de moradias atingidas por enchentes e inundações na cidade, seja por estar localizado bem próximo ao Rio Paraíba do Sul e por ser constituído por um grande número de moradias irregulares e ribeirinhas e não apresentarem sistema de drenagem eficiente. O ponto 1 refere-se a um espaço com vegetação, no qual está bem próximo a moradias ribeirinhas. O ponto 2 foi escolhido estrategicamente no campo de futebol do bairro, a fim de que este seja adaptado para construção de reservatório subterrâneo ou servir de bacia de retenção em períodos chuvosos por exemplo e assim, evitar com que as casas em seu entorno sejam atingidas por inundações e enchentes. Assim como foi feito na indicação do ponto 3, devido o mesmo ser caracterizado como um capo de menor área. Já o ponto 4, está localizado em uma área em que há diversas casas e entre elas, calçadas que podem ser implementadas infraestruturas verdes.

Os pontos escolhidos no bairro Palhas foram 2, como mostra a figura 31, sendo o primeiro localizado na parte alta do bairro onde é a praça e a quadra esportiva. As infraestruturas verdes implementadas neste ponto teriam a função de infiltrar a maior quantidade de água pluvial e evitar que a mesma escoasse para as partes mais baixas do bairro. Já o segundo ponto foi selecionado ao decorrer da rua principal do bairro, na qual devido sua localização é onde deságua a maior parte das águas das chuvas, que é a Avenida Prefeito Bento Gonçalves. A implantação das infraestruturas poderia reduzir a quantidade de água que ruas em seu entorno, principalmente das áreas de risco, recebem.

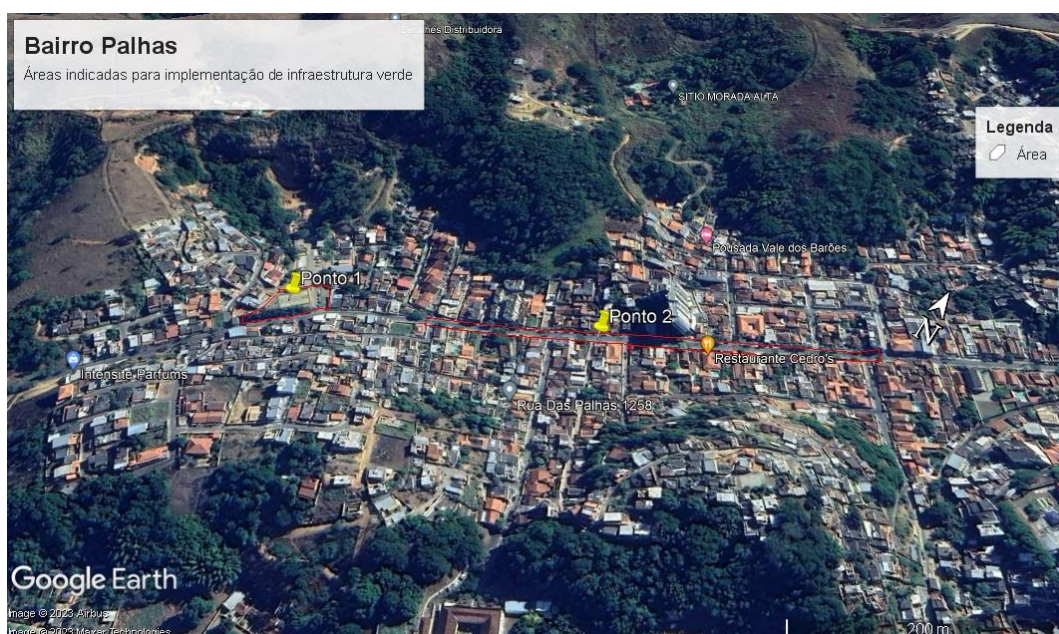


Figura 31. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Palhas. Fonte: *Google Earth* 2023.

No bairro Lava Pés foram selecionados 2 pontos, ambos situados estrategicamente em suas praças (Figura 32).



Figura 32. Pontos indicados para implantação de infraestrutura verde no bairro Lava Pés. Fonte: *Google Earth* 2023.

O primeiro ponto está localizado na parte alta do bairro, localizada próxima ao bairro Parque Morone, onde a energia das águas das chuvas tem maior intensidade e por isso poderia evitar com que as ruas próximas fossem alagadas. Já o ponto 2 foi escolhido na Praça da Bandeira, que fica na parte baixa do bairro em seu redor há inúmeras casas, alguns pontos comerciais e um pontilhão apresentando certa declividade na rua sob o mesmo e por isso, registra diversas ocorrências de enchentes, por receber uma vasta quantidade de água das chuvas (Figura 33).



Figura 33. Pontilhão do bairro Lava Pés alagado em período de chuvas e em situação normal em período de estiagem. Fonte: G1 2019 e *Google earth* 2023.

Levando-se em consideração os bairros afetados com os desastres naturais ocorridos na cidade de Paraíba do Sul devido às fortes chuvas, foram sugeridas algumas tipologias de infraestrutura verde a serem implantadas nos locais demarcados. São elas: Jardins de chuva, Biovaletas, Pavimentos Permeáveis, Lagoas Pluviais, Telhados verdes e Sistema de Captação da água da chuva em lotes, residências, edificações comerciais e áreas públicas e Reservatórios Subterrâneos.

4.2 Tipologias da infraestrutura verde

Como já demonstrado, a infraestrutura verde é capaz de promover inúmeros benefícios tanto para esfera ambiental quanto para a qualidade de vida humana, podendo haver variação de um lugar para outro.

De acordo com Benedict & McMahon

Em comunidades do subúrbio ou periferia, a discussão talvez possa focar em como o plano de infraestrutura verde pode ajudar as comunidades a evitar “crescimento espraiado e os problemas a ele associados. já os moradores de áreas urbanas centrais, talvez apreciem os benefícios como saúde mental e física em ter espaços abertos disponíveis para o lazer. já aqueles onde o abastecimento de água é limitado, talvez tenham interesse em como a infraestrutura verde pode ajudar a purificar a água, enquanto moradores de áreas propícias a enchentes provavelmente se interessarão pela proteção contra enchentes por sistemas naturais”.

Sendo assim, no geral, a infraestrutura verde objetiva a criação de áreas capazes de reter e deter o intenso fluxo das águas pluviais, aumentando áreas de infiltração no solo, reduzindo

o escoamento artificial e consequentemente o risco de desastres naturais que possam prejudicar a população.

Com base nas escalas da Infraestrutura verde, foram escolhidas 7 medidas a serem implementadas no município de Paraíba do Sul, a fim de auxiliar na drenagem urbana, beneficiar o ciclo hidrológico da cidade e mitigar os desastres naturais locais. São elas:

4.2.1 Jardins de Chuva

Também conhecido como Sistema de Biorretenção, é caracterizado como jardim de pequena concavidade topográfica no terreno para captar o escoamento da água das chuvas e das superfícies impermeáveis, ou seja, para reter temporariamente a água do escoamento superficial (Figura 34). O solo drenante funciona como uma espécie de esponja no qual suga a água, enquanto isso, os poluentes difusos transportados pelo escoamento são removidos pelas bactérias e microrganismos do solo e a evapotranspiração é ampliada através da incorporação das plantas que também servem para remover os poluentes (Pellegrino 2008).



Figura 34. Esquema de um jardim de chuva. Fonte: Nathaniel S. Cormier, 2008.

Em síntese, o jardim de chuva tem a função de reduzir a velocidade do fluxo das águas do escoamento superficial provenientes das precipitações, além da infiltração e purificação natural das mesmas (Benini 2015).

Jardins de pequeno porte, também são capazes de fornecer melhoria da qualidade da água, embora sua capacidade de reter água seja restrita devido ao espaço disponível e a condições geotécnicas locais. A detenção da água no jardim de chuva não pode passar de 48

horas após o evento de precipitação, sendo necessário, após a sua implantação, um acompanhamento para observar o seu funcionamento (Pellegrino 2008).

Tem-se como exemplo de implantação de jardins de chuva, especificamente na rua Siskiyou, em Portland Estado de Orlando (EUA), onde os mesmos foram implantados próximo ao meio-fio da rua para que pudessem coletar as águas do escoamento superficial, além de bloquear a passagem das pessoas ao longo do meio fio, induzindo-os à faixa de pedestres, criando assim, um local mais seguro e atrativo à população (Figura 35). O manejo desses jardins é feito pelos próprios moradores do local e sua identificação se dá por meio de placas interpretativas (Pellegrino 2008). Outra cidade que também tem jardins de chuva implantados em suas ruas, é Seattle, Estado de Washington (EUA) (Figura 36).



Figura 35. Jardim de chuva em Portland, Orlando (EUA). Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.



Figura 36. Jardim de chuva em Seattle, Washington (EUA). Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

4.2.2 Biovaletas

Definida também como vala de biorretenção vegetada, essa SbN é semelhante ao jardim de chuva e tipicamente aplicada ao lado de rodovias, vias pavimentadas e junto a vagas de estacionamento de veículos (Herzog 2010). Porém, trata-se de depressão linear caracterizada por um rebaixamento suave do terreno feito por vegetação, solo e outros componentes filtrantes capazes de purificar as águas pluviais (Figura 37). As biovaletas tem como função de aumento do tempo do escoamento superficial, reduzir a velocidade do mesmo, atuar como biorreator poluentes e conduzir o escoamento para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas (Cormier e Pellegrino 2008).

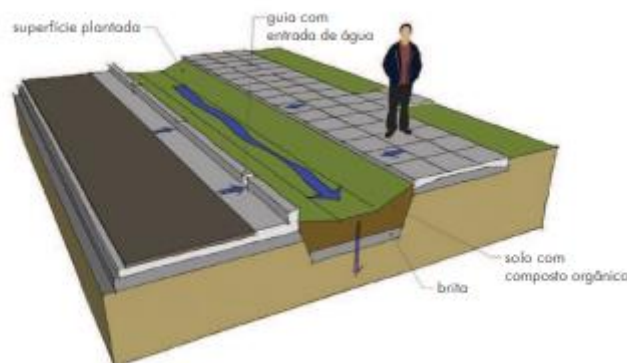


Figura 37. Esquema de implantação de uma Biovaleta. Fonte: Nathaniel S. e Cormier 2008.

Como afirma Cormier e Pellegrino (2008, p 132):

Desse modo, cabe aos jardins de chuva fazerem a maior parte do trabalho de infiltração no solo, mas a biovaleta também contribui, filtrando os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada. A luz do sol, o ar e os microrganismos decompõem os poluentes que ficam retidos na vegetação. Eles são, geralmente, usados para tratar os escoamentos de ruas e de estacionamentos.

A biovaleta é composta de várias células de retenção, interligadas entre si para contribuir com a saída da água pluvial para que ocorra em sequência, seguindo a declividade do terreno (Cormier & Pellegrino 2008).

Seattle aderiu ao projeto de biovaletas chamado *Street Edge Alternatives* ou *Sea Street*. Rua na qual criou-se uma sequência de biovaletas em uma de suas laterais, devido ao seu trecho reto ter sido substituído por uma demarcação curvilínea, favorecendo a chegada do escoamento das precipitações (Figura 38). Esse projeto promoveu a valorização dos imóveis limítrofes e redução da velocidade da circulação de veículos, assim como trouxe benefícios ecológicos e hidrológicos aos corpos hídricos locais (Cormier & Pellegrino 2008).

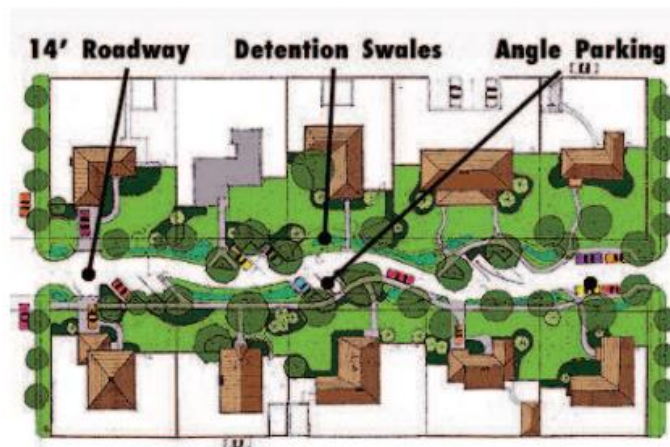


Figura 38. Esquema de uma quadra da *Street Edge Alternatives* em Seattle, Washington (EUA). Fonte: *Seattle Public Utilities* 2022.



Figura 39. Uma das células da *Street Edge Alternatives* em Seattle, Washington. Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

Já em Portland, próximo ao rio *Willamette*, mais precisamente no parque de *East Esplanade* (Figura 40), as biovaletas impossibilitam que os poluentes difusos depositados em locais que haja tráfego de veículos e dos estacionamentos, cheguem direto no rio, uma vez que essa SbN auxilia na interceptação e tratamento dos escoamentos das águas dessas áreas (Cormier & Pellegrino 2008).



Figura 40. A biovaleta do parque *East Esplanade* em Portland, Oregon (EUA). Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.



Figura 41. A biovaleta do estacionamento do *New Seasons Market* em Portland, Oregon (EUA). Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

4.2.3 Pavimentos permeáveis

É definido como um mecanismo de infiltração que apresenta uma superfície permeável e a mesma desvia o escoamento superficial para o interior de um reservatório de pedras fixado abaixo da superfície do terreno (Urbonas & Stahre 1993). Como mostra a figura 42, são formados estruturas porosas e mecanismos que promovem a infiltração e consequentemente a detenção provisória das águas das chuvas, esse processo gera o amortecimento de vazões, redução de volume que foi escoado e mudança temporal dos hidrogramas (ABCP 2013).



Figura 42. Pavimento permeável. Fonte: *Portland Bureau of Environmental Services* 2004.

Segundo Herzog (2010b, p. 09), existem diversas “formas de pavimento permeável (drenante), como: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos, entre outros”, os quais possibilitam a “infiltração das águas, e fazem filtragem, além de reduzir

o escoamento superficial”, sendo na maioria das vezes utilizados em “calçadas, vias, estacionamentos, pátios e quintais residenciais, parques e praças, entre outros”.

Portanto, tal SbN é essencial, já que não permite que a água se acumule no local, mas que a mesma infiltre no solo, e assim, torna-o mais seguro e fácil de dirigir e andar. Além disso, diminui inundações e erosões locais.

4.2.4 Lagoas Pluviais

São caracterizadas também como Bacias de Detenção ou Bacias de Retenção. Esses mecanismos usam o escoamento natural ou de rede de drenagem para coletar o escoamento superficial, além de controlar a vazão de acordo com sua capacidade volumétrica por deter ou reter o volume recebido (Guimarães 2019).

As Bacias de detenção são aquelas que, na maior parte do tempo, permanecem secas, ou seja, sem fluxo natural em seu interior, no qual recebem aporte de águas apenas nos dias de chuva (Figura 43). Esses dispositivos projetam as águas das chuvas para um corpo d’água ou as devolvem para a rede de drenagem (Guimarães 2019).



Figura 43. Esquema de uma Bacia de Detenção. Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

Esta infraestrutura verde, em períodos chuvosos, reduz as enchentes provocadas pelo escoamento superficial e em períodos de seca, podem ser utilizadas para lazer, recreação e diversas outras atividades. Sua implantação é apropriada para locais como parques lineares, projetos de paisagismo públicos e privados de loteamentos e condomínios e ao longo de vias e rios (Hergoz, 2010b, p. 08).

Já as bacias de retenção recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais e apresentam volume perene, no qual é liberado pouco a pouco em seu exutório, amortecendo o pico de vazão (Figura 44). Uma parte da água pluvial coletada permanece retida entre os eventos de precipitação das chuvas (Cormier & Pellegrino 2008, p. 134).



Figura 44. Bacia de retenção. Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

Em acréscimo, Herzog elucida que a lagoa pluvial:

É composta por uma bacia de retenção integrada ao sistema de drenagem da infraestrutura verde. Acomoda o excesso de água das chuvas, alivia o sistema de águas pluviais, evita inundações ao mesmo tempo em que pode contribuir para a descontaminação de águas poluídas por fontes difusas. Pode se constituir num habitat para diversas espécies dentro de áreas urbanas, além da possibilidade de se integrar a áreas de lazer e recreação públicas e privadas. Possibilita a infiltração e a recarga de aquíferos. Deve ser projetada em diversos pontos da bacia hidrográfica, e receber águas de biovaletas coletoras de outras superfícies impermeáveis. Podem substituir com vantagens os “piscinões” que têm sido usados em projetos de drenagem urbana. (HERZOG, 2010b, p. 08).

Dessa forma, essas tipologias paisagísticas acabam se caracterizando como um alagado construído, mas que não está destinado a receber efluentes de esgotos domésticos ou industriais. Sua capacidade de armazenamento acaba sendo o volume entre o nível permanente da água que contém e o nível de transbordamento aos eventos para os quais foi dimensionada (Cormier & Pellegrino 2008).

É exigido um espaço amplo para sua implantação, e por isso, essa tipologia tem capacidade de armazenar grandes volumes de água. Sendo assim, são ótimas áreas para

recreação e lazer, já que adquirem uma valorização ao seu entorno, além de recuperar a qualidade da água local (Cormier & Pellegrino 2008).

4.2.5 Telhados Verdes

Segundo Cormier e Pellegrino, esses dispositivos são coberturas de vegetação cultivadas em cima do solo tratado com substâncias orgânicas e areia, espalhado sobre uma base formada por uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem e uma membrana à prova de água (Figura 45).

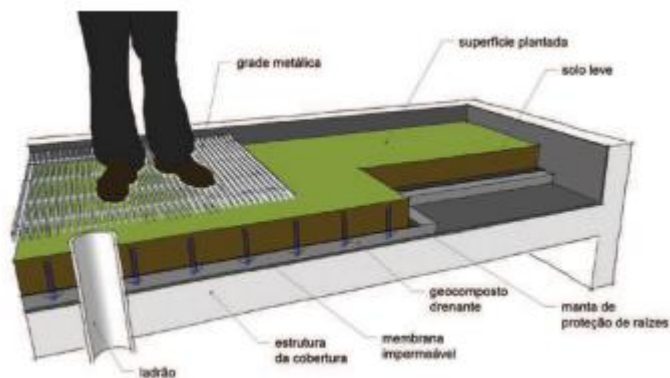


Figura 45. Esquema de telhados verdes. Fonte: Nathaniel S. Cormier 2008.

Herzog (2010b, p. 08), acrescenta que a tipologia telhado verde, é aplicada à cobertura vegetal de lajes e telhados de casa e edificações com a função de coleta e infiltração das águas das chuvas e consequentemente a redução do escoamento superficial, substituindo a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação (Figura 46).



Figura 46. Telhado verde em edificação em Curitiba Paraná/BR. Fonte: Pavablog 2013.

Cormier e Pellegrino (2008) informam que os tetos verdes:

[...] absorvem água das chuvas, reduzem o efeito da ilha de calor urbano, contribuem para a eficiência energética das edificações, criam habitat para vida silvestre e, de fato, estendem a vida da impermeabilização do telhado. Tetos verdes extensivos, ou leves, referem-se àqueles com uma seção estreita (5-15 cm), plantas de pequeno porte, como [...] gramíneas. Tetos verdes intensivos, ou aqueles que permitem maior sobrecarga, possuem profundidade maior (20-60 cm), podendo dispor de plantas de maior porte como herbáceas, arbustos e até mesmo pequenas árvores”. (Cormier; Pellegrino, 2008, p. 135).

4.2.6 Sistemas de Captação/Coleta de Águas Pluviais

De acordo com Oliveira et al, 2007:

“os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água e precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável (Oliveira et al 2007).”

Na utilização desse mecanismo é recomendado que a primeira água que cai no telhado seja desprezada, uma vez que a mesma transporta microrganismos, ácidos e outros poluentes atmosféricos, ou seja, apresenta um índice de contaminação alto. Já a água que será armazenada, pode ser usada em bacias sanitárias, em torneiras de jardins, irrigação, lavagem de veículos, calçadas, roupas, estacionamentos, escolas, entre outros. (Vasconcellos 2007).

O sistema pode ser implantado para fins domésticos, comerciais e industriais. No caso de domésticos, os mais comuns são descarga de vasos sanitários, lavagem de carros, lavagem de assoalhos, irrigação de jardins e sistemas de combate a incêndio. Nas indústrias e prédios comerciais, a água da chuva pode ser usada para climatização, resfriamento de maquinários, lavagem industrial de roupas, lavagem de veículos como carros, ônibus e caminhões, limpeza industrial (Goldenfum 2006).

Portanto, a captação de águas pluviais é benéfica em diversos aspectos, como: minimizar o desperdício de um recurso natural cada vez mais escasso, e disponível em abundância em telhados, na conservação da água e no controle de enchentes urbanas, uma vez que essa água não é mais lançada na rede de drenagem pluvial, além de uma postura ativa da população e as autoridades diante dos impasses ambientais da cidade (Trabalhos 2015).

De acordo com Soares et al., 1997, a captação de águas pluviais consiste, de forma geral, de 3 processos:

Coleta: Restrita aos telhados dos edifícios, apresentando benefícios como qualidade da água, levando em consideração às áreas de tráfego frequente de veículos, circulação de pessoas e animais.

Armazenamento: a água coletada é transportada pelos tubos até os tanques de armazenamento. Quando estão cheios, a mesma é transferida para a rede de drenagem.

Tratamento: Varia de acordo com o local e qualidade da coleta, o local de destino da água e o tipo de uso.

Para a realização da coleta da água é necessário a instalação de alguns componentes como calhas, tubos, condutores horizontais e verticais, dispositivos para filtração, local para descarte dos materiais grosseiros e da água de limpeza do telhado e o reservatório de armazenamento da água, como ilustrado na figura 47, na qual trata-se da instalação em uma residência (Trabalhos 2015).

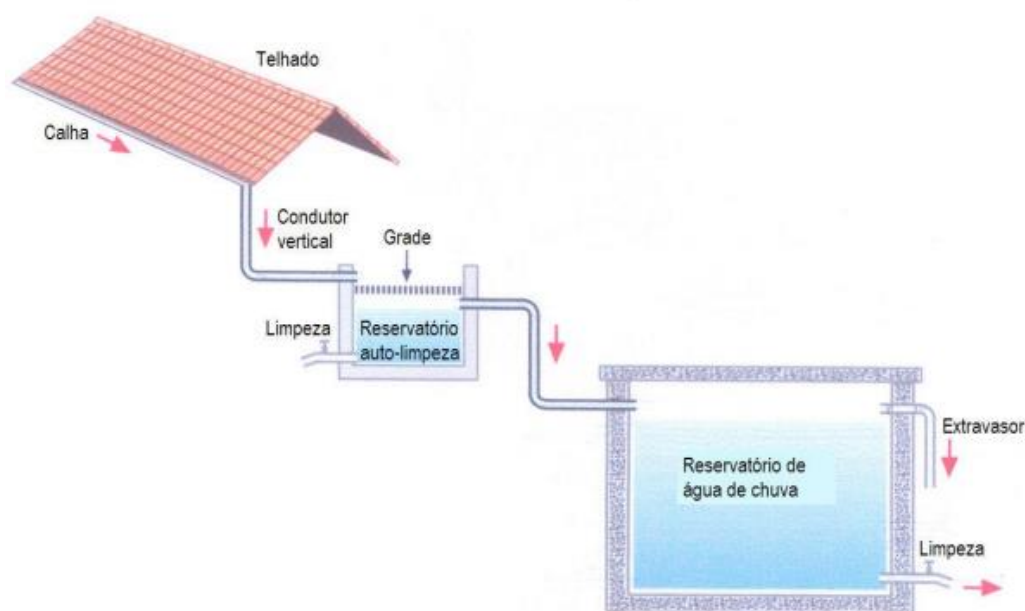


Figura 47. Esquema de coleta de água da chuva com reservatório de autolimpeza. Fonte: Tomaz 1998.

Em relação às calhas condutoras, grelhas e outros componentes usados para conduzir a água das precipitações, podem ser formados de diferentes materiais, mas os mais usados são os de PVC e metálicos. Nas sessões das calhas existem diferentes formas que variam das condições arquitetônicas e o material das confecções das mesmas. Logo após o escoamento da água pelas calhas, os tubos verticais transportam as mesmas para redes de coleta que podem ser instaladas no terreno ou até mesmo no teto do subsolo em locais de edifícios ou pavimentos. Ademais, o despejo pode ser feito na superfície do terreno. (Trabalhos 2015).

Já a respeito do tratamento, depende do local para aonde a água será destinada e a qualidade da mesma. Assim como o local que será captada.

Nos primeiros milímetros da chuva está concentrado o maior nível de poluentes e impurezas na água, portanto o procedimento recomendado é a filtração simples e auto limpeza da água (Trabalhos 2015). De acordo com May 2004, este processo funciona no início da chuva que é quando o reservatório de autolimpeza está vazio e recebe a água das precipitações, aumentando seu nível até atingir o limite do reservatório de autolimpeza e com isso ativa o fechamento automático da torneira-boia instalada em sua parte inferior e a água escoar para o reservatório da água da chuva. Ao término da precipitação, deve-se abrir o registro de descarte do reservatório para que o mesmo seja esvaziado para retomar as condições de funcionamento (May 2004). A figura 48 mostra o esquema do reservatório de autolimpeza com torneira-boia.

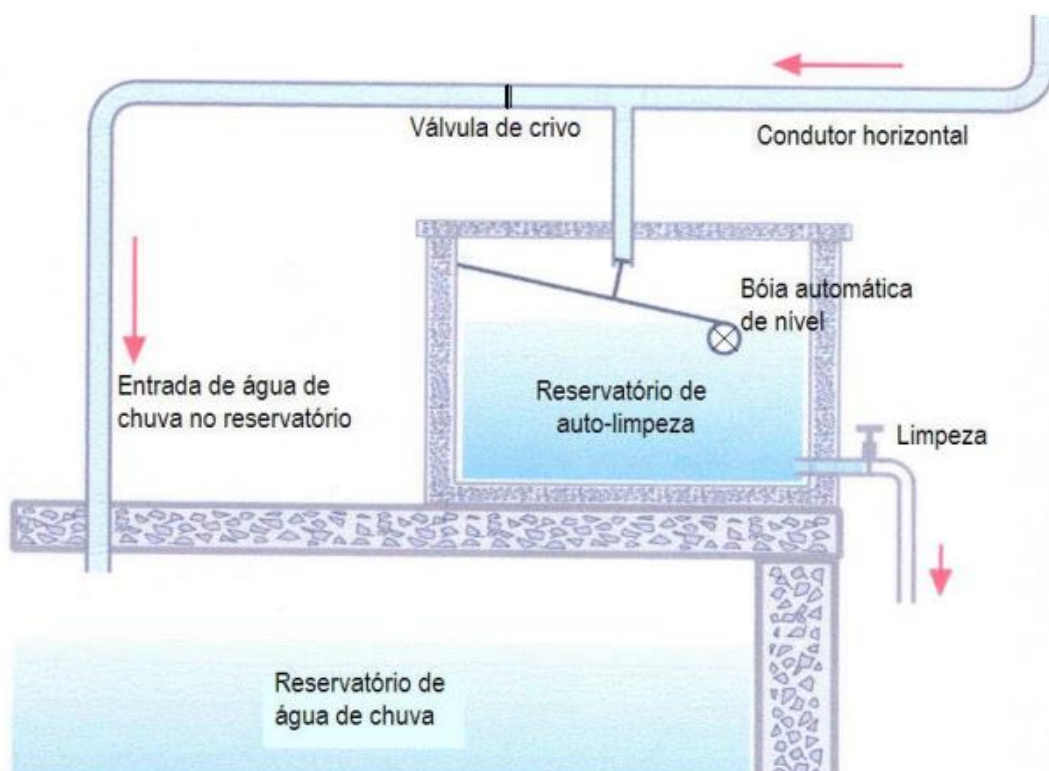


Figura 48. Reservatório de autolimpeza com torneira-boia. Fonte: May 2004.

4.2.7 Reservatórios Subterrâneos

São instaladas caixas d'água gigantes no subsolo com função de acumular água com temperatura mais baixa, já que as mesmas não ficam expostas à luz solar, sendo possível extrair quantidades suficientes de água das mesmas para o aproveitamento econômico e abastecimento público e consumo de atividades secundárias como reuso de jardins, limpezas de estacionamento, entre outros. (Caixas Brasil 2023, Leroy Merlin 2014). A água da chuva é captada pelos coletores que são interligados às calhas das edificações. Na estrutura, é instalado o filtro para eliminar sujeiras como folhas de árvores. Há também uma bomba que joga a água para o local de armazenamento superior como uma caixa d'água para o abastecimento de banheiro, lavanderias, entre outros (Leroy Merlin 2014). Ademais, dependendo da arquitetura do telhado é possível que a instalação do reservatório seja logo abaixo do mesmo, evitando assim os gastos com o bombeamento da água (Trabalhos 2015). Vale ressaltar que é quase nula a entrada de insetos nestes reservatórios, uma vez que as caixas permanecem vedadas completamente (Leroy Merlin 2014).

Segundo Bertolo 2015, estes reservatórios subterrâneos já são utilizados para abastecimento público na maioria dos municípios do interior do estado de São Paulo, sendo operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), com vantagens operacionais e econômicas em relação ao uso da água.



Figura 49. Caixa d'água para construção do reservatório subterrâneo. Fonte: Caixas Brasil 2023.

As figuras a seguir representam um esquema de construção dos reservatórios subterrâneos.



Figura 50. Esquema de construção de um reservatório subterrâneo. Fonte: KWH pipe 2016.



Figura 51. Corte lateral de um reservatório subterrâneo. Fonte: *KWH Pipe* 2016.

Sendo assim, conclui-se que a implantação dos pavimentos permeáveis pode ser feita em calçadas e praças públicas, auxiliando na drenagem das águas pluviais locais enquanto as biovaletas e os jardins de chuvas além de reduzirem o escoamento superficial também podem ser um instrumento atrativo para população, além da valorização imobiliária devido o conforto visual que eles transmitem. Assim como, os telhados verdes podem ser implantados nas casas ou em edificações residenciais ou comerciais para que a qualidade do ar possa ser melhorada e também com para que haja redução de energia, já que melhora a eficiência energética devido à diminuição da temperatura interna do ambiente, o que reduz também a demanda pela refrigeração do local.

Já as lagoas pluviais, que podem ser tanto bacias de detenção quanto de retenção, auxiliam na biodiversidade local. A primeira funciona como ferramenta social nos períodos de estiagem podendo ser utilizadas para lazer ou em alguns casos, como estacionamento de veículos. E a segunda, reduz danos à região em períodos chuvosos por controlar a saída de água o que proporciona um escoamento mais lento.

O sistema de captação/coleta de águas pluviais pode ser implantado em residências, lotes, edificações residenciais ou comerciais e também em indústrias a fim de auxiliar na redução do consumo de água potável, no consumo de energia uma vez que diminui a demanda de água em estações de tratamento e consequentemente a energia gasta para tal processo. Além disso, ajuda na redução das enchentes urbanas e também é considerada uma técnica sustentável para as cidades.

E por fim, os reservatórios subterrâneos, sendo criados em locais estratégicos e acessíveis, tem a função de armazenamento das águas pluviais, no qual a mesma poderá servir na irrigação dos jardins de espaços públicos, calçadas, para lavagens de bocas de lobo,

reduzindo tanto o consumo de água potável, como também as enchentes na cidade, já que a maior parte das águas das precipitações irão escoar para dentro destes reservatórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a deficiência apresentada pelo sistema de drenagem convencional, e consequentemente pelo aumento do volume dos escoamentos superficiais devido às chuvas cada vez mais intensas, as cidades passaram a sofrer com os desastres naturais constantes.

O planejamento dos centros urbanos, tendo em vista a implantação de infraestruturas verdes que contribuem para infiltração da água no solo pode ser uma forma eficiente de amenizar os efeitos das enchentes nas cidades. Dessa forma, esse trabalho apresentou os locais em que há mais ocorrências de desastres naturais na cidade de Paraíba do Sul, assim como sugeriu lugares estratégicos como indicação da implantação de infraestrutura verde, além de abordar o uso de algumas tipologias da mesma como uma técnica alternativa em complemento às técnicas convencionais existentes na cidade para que haja resultados positivos referente às práticas de drenagem urbana, podendo haver assim, um aumento na infiltração do solo, já que haveria o aumento das áreas permeáveis. Acrescenta-se também a criação de novos espaços de uso múltiplo para a população Sul Paraibana. No entanto, a cidade é carente em termos de dados que apresentem registros das ocorrências de desastres naturais como alagamentos, enxurradas e inundações, o que dificultou maiores análises e a elaboração de sugestões mais efetivas de acordo com cada local indicado. O recomendado, seria a implantação de sistema integrado de informações que pudesse ser alimentado pela defesa civil e prefeitura, no sentido de atuar na prevenção de desastres e não na remediação das consequências.

Diante do exposto, considerando o universo da pesquisa apresentada, conclui-se que a infraestrutura verde deve ser considerada como concepção sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana.

Desta forma, esta pesquisa recomenda a utilização das tipologias da infraestrutura verde como elemento urbanístico multifuncional em alguns pontos da cidade para estruturação da paisagem, auxiliando no gerenciamento das águas pluviais, bem como, para lazer, recreação, qualidade ambiental do espaço urbano e para induzir a sustentabilidade da cidade. Entretanto, para a definição da tipologia a ser implantada a cada local indicado é necessário a realização de estudos minuciosos sobre a topografia e as condições locais, de acordo com a necessidade e disponibilidade de cada lugar.

Assim como, para haver resultados positivos na implementação dessas técnicas, é fundamental a elaboração de uma Lei Municipal que incentive a permeabilização dos terrenos,

o armazenamento de água nos lotes comerciais e particulares, a instalação de métodos sustentáveis, contribuindo assim para redução do escoamento superficial. Além de fomentar a redução do consumo e aproveitar os recursos naturais existentes de forma sustentável, unindo os benefícios ecológicos aos econômicos a favor do equilíbrio natural do planeta. Dessa forma, é notório que a conscientização e incentivo de órgãos públicos para a economia da água potável, com programas de educação ambiental à sociedade, pode ser um passo inicial para a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA. **Considerações no Projeto de Melhores Práticas de Manejo de Tratamento (BMPs) para melhorar a qualidade da Água.** Laboratório de Pesquisa de Gerenciamento de Risco Nacional, Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento, Agência de Proteção Ambiental dos EUA, 2002.

Agência Nacional de Água e Saneamento Básico - ANA (Brasil). **Relatório final do 8º Fórum Mundial da Água / Agência Nacional de Águas, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, Conselho Mundial da Água.** Brasília: ANA, 2018.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual/Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** Brasília: ANA, 2020.

Aproveite a água das chuvas com cisternas. **Leroy Merlin** 2014. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/dicas/aproveite-a-agua-da-chuva-com-as-cisternas>. Acesso em: 15/02/2023.

Araújo, Paulo Roberto de; Tucci, Carlos Eduardo Morelli; Goldefum, Joel Avruch. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial.** RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, n. 3 (jul./set. 2000), p. 21-29, 2000.

Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades. **Projeto técnico: Pavimento permeável.** São Paulo, 2013.

Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades. **Projeto técnico: Jardins de chuva.** São Paulo, 2013. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Proj_tec_Jardins_Chuva.pdf>. Acesso em: 30/11/2022.

Ayoade, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos.** 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

Banco de Dados de Emergência EM – DAT. **OFDA/CRED – Escritório de Assistência a Desastres no Exterior dos EUA/Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres** – Université Catholique de Louvain, Bruxelas, Bélgica. Disponível em: < <http://www.emdat.be/Database>>. Acesso em: 22/10/2022.

Barbosa, Z. N. T.; De Oliveira, W. N.; Alves, P. F. **Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos Estudo de caso: Angra dos Reis –RJ**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 5, 2011. Curitiba. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba: INPE, p. 4940, 2011.

Bastos, Luan Silva Alves; De Andrade, Saulo Paschoaletto. **Supressão do Bioma Mata Atlântica no Município de Paraíba do Sul-RJ, analisado sob a óptica ambiental e social, entre os anos 2002 a 2012**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

Benedict, M. A.; McMahon, E. T. **Green infrastructure: Linking landscapes and communities**. Washington, DC.: Island Press, 2006.

Benedict, Mark A.; McMahon, Edward T. **Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century**. Renewable Resources Journal, Volume 20, Number3, Autumn 2002a, Pages 12 –17.

Benini, Sandra Medina. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. 2015. xx, 218 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123900/000831443.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30/11/2022.

Bertolo, Reginaldo et al. **Água Subterrânea para Abastecimento Público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em grande escala?**. Revista DAE. São Paulo, 2015.

Bonesio, Luisa. **Elogio à conservação**. SERRÃO, AV, *Filosofia da Paisagem*. Uma Antologia, Lisboa, Centro de Filosofia da Universidade Lisboa, p. 443-464, 2011.

Bonzi, R. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. São Paulo, 2015.

Bonzi, R. S. **A dimensão infraestrutural da paisagem: uma estratégia para a “crise hídrica” da Grande São Paulo**. São Paulo: SiBi-USP, p. 227, 2019.

Bonzi, R. S. **Paisagem como infraestrutura**. In: PELLEGRINO, P; BECKER, N. **Estratégias para uma infraestrutura verde**. São Paulo: Editora Monole, 2017.

Botelho, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2.ed. São Paulo: Ed. Edgar Blucher Ltda., 1998.

Brandão, Ana Maria de P. M. **“Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro.”** In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. (orgs.) Guerra, A. J. T. e Cunha, Sandra B. Editora Bertrand Brasil Ltda., Rio de Janeiro, pp. 47-109, 2004.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. **Secretaria Nacional de Defesa Civil. Banco de dados e registros de desastres: sistema integrado de informações sobre desastres – S2ID**. 2013.

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2011. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres**. Brasília, DF: CENAD, 2012.

Brasil. **Programa Drenagem Urbana Sustentável**. Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 23 p. 2006.

Brasil (União). **Lei federal nº 9433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Publicada no Diário Oficial da União, em 09 de janeiro de 1997.

Brasil (União). **Lei federal nº 13.501/2017, que altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos**. Publicada no Diário Oficial da União, em 31 de outubro de 2017.

Brasil (União). **Lei federal nº 14.026, que atualiza o marco legal do saneamento básico e atribui à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento**. 15 de julho de 2020.

Bromana, Thayná Ribeiro; Milward de Azevedo, Michael Alvim. **Lista Vermelha da Flora do Vale e Bacia do Paraíba do Sul Fluminense: Um levantamento Baseado na Obra de Martius, “Flora Brasiliensis”**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2019.

Campanili, Maura; Schaffer, Wigold Bertoldo. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. Brasília, MMA/SBF, p 96, 2010.

Canholi, A. P., **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**, 2ª edição, São Paulo: Oficina de textos, 2014.

Carvalho, C. S. e Galvão, T. **Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários**. In: BRASIL. Carvalho, C. S. e Galvão, T. (orgs.). **Prevenção de**

Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, p. 10-17, 2006.

Centro de recursos para a implementação do cinturão verde e azul. Parques Naturais Regionais da França. **Uma moldura verde e azul, uma política intimamente ligada à paisagem**, Ficha síntese, 2016.

CEPED, UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012.** Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

Cerri, L. E. S. Riscos geológicos urbanos. In: Chassot, A. Campos, H. (Org.). **Ciência da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no planeta.** São Leopoldo: Unisinos, 1999.

Chuva deixa 850 famílias desalojadas em Paraíba do Sul, RJ. **G1**, 2016. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2016/01/chuva-deixa-850-familias-desalojadas-em-paraiba-do-sul-rj.html>>. Acesso em: 15/01/2023.

Chuva forte causa alagamentos e inundações em Paraíba do Sul, RJ. **G1**, 2016. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2016/01/chuva-forte-causa-alagamentos-e-inundacoes-em-paraiba-do-sul-rj.html>>. Acesso em: 16/01/20123.

Chuva intensa causa alagamentos e deslizamentos de terra em Paraíba do Sul. *entrieriosjornal* 2022. Disponível em: <<https://www.entrieriosjornal.com/2022/01/chuva-intensa-causa-alagamentos-e.html>>. Acesso em: 18/01/2023.

Cidades e Estados. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/paraiba-do-sul.html>>. Acesso em: 24/11/2022.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. 2016. **Soluções baseadas na natureza para enfrentar os desafios sociais globais**, 2016. Gland, Suíça. Disponível em: <<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>>. Acesso em: 10/10/2022.

Cormier, N. S; Pellegrino, P. R. M. **Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana.** Revista Paisagem e Ambiente. São Paulo: FAUUSP. n 25, p. 127-142, 2008.

Cullen, G. **Paisagem urbana.** São Paulo: Martins Fontes, 1983.

De Carvalho, Délton Winter. **Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres.** Revista de Informação Legislativa, v. 52, n. 206, p. 53-65, 2015.

De Vasconcellos, Andréa Araujo. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana.** Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2015.

Fabos, Julius. G. Planejamento do Uso da Terra: **do Global ao Desafio Local**. Nova York: **Dowden e Culver**, 1985.

Feam (Fundação Estadual do Meio Ambiente). **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 32p, 2006

Fernandes, N. F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T. Vieira, B. C.; Montgomery, D. R.; Greenberg, H. **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, 2001. Vol. 2, Nº 1. p 51-71, 2001.

Feridos, desalojados, desabamentos e granizo: os transtornos da chuva em paraíba do Sul. G1, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/09/04/ferido-desalojados-desabamentos-e-granizo-os-transtornos-da-chuva-em-paraiba-do-sul.ghtml>>. Acesso em: 20/01/2023.

Ferreira, José carlos; Machado, João reis. **Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável: o contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes**. Revista LABVERDE. N. 1, out., p. 68-90, 2010

Firehock, Karen. **Uma breve história do termo infraestrutura verde e literatura selecionada**. Green Infrastructure Center: ScottsVille, EUA, 2010.

Fraga, R. & Sayago, D. A. V. **Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito**. Revista de Parcerias Estratégicas. Brasília: CGEE. v.25, n 50, jan-jun, pp. 67-82, 2020.

Goldenfum, Joel Avruch. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 2006.

Gomes, Marco Paulo. **Avaliação Ecosistêmica do Milênio e as discussões sobre bens e serviços ambientais**. Análise, v. 3, 2005.

Google. **Google Earth Website**. Disponível em: < <http://earth.google.com/2023>>. Acesso em: 26/01/2023.

Guimarães, L. G. (2019). **Estratégias de Infraestrutura Verde Aplicadas à Drenagem Urbana em Áreas Densamente Ocupadas: O Caso do Trecho 3 do Setor Habitacional Sol Nascente**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM – 229/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 112p.

Herzog, C. **Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis**. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

Herzog, Cecília Polacow; Rosa, Lourdes Zunino. **Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e Resiliência para a Paisagem Urbana**. Rev. LABVERDE, São Paulo, v.1, n.1, p. 91-115, 2010.

Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D. J.; Noguer, M.; Van Der Linden, P. J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C. A. (eds). **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: IPCC, p. 881, 2001.

Imagem e notícias dos Usuários sobre: Enchente em Paraíba do Sul 16/01/2016. **Climatempo**, 2016. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/participe/8426/enchente-em-paraiba-do-sul>>. Acesso em: 20/01/2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse Estatística do Município de Paraíba do Sul Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, p. 1-18, 1948.

Lima, Mayke do Couto; Menezes, Sady Júnior Martins da Costa de; Almeida, Fábio Souto de. **Área de Proteção Ambiental Rainha das Águas do município de Paraíba do Sul (RJ, Brasil): estudo da cobertura florestal, contingências e manejo**. Ciência Florestal, v. 30, p. 1130-1146, 2020.

Lopes, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica em Sistema de Informação Geográfica – uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (IGCE/UNESP), Rio Claro, p. 314, 2006.

May, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/14simone.pdf>>. Acesso em 15/02/2023.

McCormick, K. (ed.). **Cities, nature and innovation: new directions**. Lund: Lund University, 2020.

Ministério da Ecologia. **Desenvolvimento Sustentável e Energia, Infraestrutura Verde e Azul e guia de documentos e planejamento urbano: Relatórios metodológicos**, 2013.

Montes, Victor Machado. **Atlas da Região Hidrográfica IV: Piabanha**. 1ª edição. Petrópolis: Agevap 2019. 137 p.

Marcelino, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.

Marengo, José A.; Alves, Lincoln Muniz. **Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.

Martins, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia é suficiente?** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.bariri.sp.gov.br/arquivos/28_gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 28/09/2022.

Mooney, Harold A; Cropper, Angela et al. **Relatório da Avaliação Ecológica do Milênio**, 2005. p 57.

Moscarelli, Fernanda. **O papel da infraestrutura verde-azul na reconfiguração do patrimônio paisagístico porto-alegrense**. Visionsi LatinoAmericane, 2020.

Moura, N. C. B. de. **Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas da chuva**. São Paulo: SiBi-USP, 2015. p.177.

Mattei, Vilmar L. **Preparo de solo e uso de protetor físico, na implantação de Cedrela fissilis V. E Pinus taeda L, por semeadura direta**. Revista Brasileira de Agrociência. Pelotas, v. 1, n. 3, 1995.

Município de Paraíba do Sul. Cidade-Brasil, 2022. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-paraiba-do-sul.html>>. Acesso em: 24/11/2022.

OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain – **Annual Disaster Statistical Review 2008 – the numbers and trends**, Brussels, Belgium, 2009. Disponível em: <<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/1010/annual%20disaster%20statistical%20review%202008.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25/11/2022.

O Estado do Ambiente – **Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro**. 1.ed. Rio de Janeiro: Sea/ Inea p 160, 2011.

Organização Das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2018 – Soluções Baseadas na Natureza para a Gestão das Águas. Perúgia, Itália, 2018.

Pavablog. **Curitiba quer tornar teto verde obrigatório em edifícios**, 2013.

Paraíba do Sul (RJ). **Decreto nº 1.323 de 2015**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Rainha das Águas do Município de Paraíba do Sul. 2015.

Paraíba do Sul. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paraiba-do-sul/panorama>>. Acesso em: 24/11/2022.

Paraíba do Sul mapa. Map of Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://pt.map-of-rio-de-janeiro.com/munic%C3%ADpios-mapas/para%C3%ADba-do-sul-mapa>>. Acesso em 24/11/2022.

Pellegrino P. & Cormier, N. S. **Infraestrutura Verde: uma estratégia paisagística para a água urbana**. Paisagem Ambiente: ensaios - n. 25 - São Paulo – 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/105962/111750>>. Acesso em:30/11/2022.

Pellegrino, P. & Moura, N (org). **Estratégias para uma Infraestrutura Verde**. São Paulo: Manole, p. 317, 2017.

Pellegrino, P. **Pode-se Planejar a Paisagem? Paisagem E Ambiente**, (13), 159-179. Universidade de São Paulo/USP, 2000.

Pellegrino, P. R. M. & Moura, N. C. B. (orgs.). **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri, SP: Manole, 2017.

Pereira, Kelly de Moura. **Desastres: Chuvas Intensas - COBRADE 1.3.2.1.4, Parecer Técnico, nº 001/2022**, 18 de janeiro de 2022. Secretaria Municipal de Defesa Civil, Segurança e Ordem Pública. BRASIL.

Pontos de alagamentos são registrados após fortes chuvas em Paraíba do Sul. **G1**, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/01/03/pontos-de-alagamento-sao-registrados-apos-forte-chuva-em-paraiba-do-sul.ghtml>>. Acesso em: 20/01/2023.

Porto Alegre. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Volume VI. Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre, 2005.

Reservatório Subterrâneo. **Caixas Brasil** 2023. Disponível em: <https://www.caixasbrasil.com.br/reservatorio-subterraneo/>. Acesso em: 15/02/2023.

Salviano, Jonathan Jean Barbosa; GASPAR, Geisla Aparecida Maia Gomes. **Sistema de Captação de Águas Pluviais: Estudo de viabilidade da instalação em uma residência em Boa Esperança-MG**, 2019.

Sandre, A. A. **O planejamento ambiental à luz da ecologia da paisagem: estudo aplicado da zona de amortecimento do Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: SiBi-USP, 2017. p. 235.

Santos, João Flávio Costa et al. **Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil**. Revista Brasileira de Biociências, v. 15, n. 3, 2017.

Santos, Paula Luíza et al. **Semeadura de espécies florestais nativas para recuperação de agroecossistemas degradados**. 2010.

São Paulo (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo DAEE. **Medidas não estruturais de combate a inundações. Publicação do Departamento de Águas e Energia Elétrica**, v. 5, n. 15, 1989, p. 17-22.

Schueller, T. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs**. Washington, metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

Serviços Ambientais. **Portland.gov**, 2018. Disponível em: <<https://www.portland.gov/bes>>. Acesso em: 27/12/2022.

Serviços Públicos de Seattle. **Seattle**, 2022. Disponível em: <<https://www.seattle.gov/utilities/your-services/sewer-and-drainage/green-stormwater-infrastructure>>. Acesso em: 30/11/2022.

Sistemas de Coleta. **Wastewater Digest**, 2016. Disponível em: <<https://www.wwdmag.com/pipe-distribution/collection-systems>>. Acesso em: 16/02/2023.

Soares, Joyce Aristercia Siqueira et al. **Impactos da urbanização desordenada na saúde pública: leptospirose e infraestrutura urbana**. Polêm! ca, v. 13, n. 1, p. 1006-1020, 2014.

Soares, D. A. F; Soares, P. F. ; Porto, M. F. A. ; Gonçalves, O. M. 1997. **Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. Anais do XII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. São Paulo : ABRH, 1997.

Souza, Vladimir Caramori Borges de. **Gestão de drenagem urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). Universidade Federal de Alagoas, 2013.

Suassuna, Sarah Bezerra. **Infraestrutura verde e azul e sua influência no bem-estar humano por meio dos serviços ecossistêmicos. Estudo de caso: trecho na planície da calha do Rio Pinheiros, São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2020.

Tobin, G. A., Montz, B. E. **Riscos Naturais: Explicação e integração**. Nova York: ele. Guilford Press. P. 388, 1997.

Tominaga, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP.** Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Tominaga, Lúcia Keiko; Santoro, Jair; Amaral, Rosângela. **Desastres naturais.** São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.

Trabalhos, Melhores. **Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura.** Revista GEDECON-Gestão e Desenvolvimento em Contexto, v. 2, n. 2, p. 01-15, 2015.

Tribunal de Contas, Estado do Rio de Janeiro. **Estudos socioeconômicos do Estado do Rio de Janeiro: Paraíba do Sul.** Rio de Janeiro, p. 8, 2021.

Tucci, C. E.; Bertoni, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 20/10/2023.

Tucci, C. E. M., **Águas Urbanas,** Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf>>. Acesso em: 28/09/2022.

Tucci, Carlos Eduardo Morelli. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.** Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 2 (jul./dez. 1997), p. 5-12, 1997.

Tucci, C. E. M. **Regulamentação da drenagem urbana no Brasil,** Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/9ab609843c59c2457a38937>>. Acesso: 28/09/2022.

Tucci, C. E. M.; Souza, C. F.; Cruz, M. A. S. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas,** Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/229944>>. Acesso em: 28/09/2022.

Tucci, E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** ABRH, Ed. Edusp. p. 943, 1993.

University of Arkansas Community Design Center – UACDC. **Desenvolvimento de baixo impacto – um manual de projeto para áreas urbanas.** Arkansas: University of Arkansas Press, 2010.

United Nations World Water Assessment Programme (WWAP UN-Water). **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water.** Paris, UNESCO, 2018.

United Nations World Water Assessment Programme (WWAP UN-Water). **The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**. Paris, UNESCO, 2020.

United Nations World Water Assessment Programme (WWAP UN-Water). **The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water**. Paris. UNESCO, 2021.

Urbonas, B. e Stahre, P. **Stormwater Best Management Practices and Detention**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 450p. 1993.

Vallenge Consultoria, Projetos e Obras Ltda. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Paraíba do Sul**. Paraíba do Sul, 2014.

Vasconcellos, Leonardo F.; Ferreira, Osmar M. **Captação de água de chuva para o uso domiciliar: estudo de caso**, 2007. Disponível em: <<http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/CAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20%C3%81GUA%20DE%20CHUVA%20PARA%20USO%20DOMICILIAR.pdf>>. Acesso em 15/02/2023.

Weatherspark, 2022. **Clima e condições meteorológicas médias em Paraíba do Sul o ano todo**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30568/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Para%C3%ADba-do-Sul-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 24/11/2022.

Yu, Kongjian; Padua, Mary. **The art of survival – Recovering landscape architecture**. Mulgrave: Images Publishing Group Pty.Ltd, 2006.

