

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

PAULO VITOR SILVA SIQUEIRA

Título: Eventos extremos de inundações urbanas: um estudo de caso sobre o município de Cataguases (MG).

Juiz de Fora
2025

PAULO VITOR SILVA SIQUEIRA

Título: Eventos extremos de inundações urbanas: um estudo de caso sobre o município de Cataguases (MG).

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Juiz de Fora

2025

PAULO VITOR SILVA SIQUEIRA

Título: Eventos extremos de inundações urbanas: um estudo de caso sobre o município de Cataguases (MG).

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em 02 de março de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Celso Bandeira de Melo Ribeiro - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. D. Marconi Fonseca de Moraes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Eng. Jussara dos Santos Ferreira
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho principalmente à minha mãe Marilene e aos meus avós Adenir e Margarida, que nunca mediram esforços para me ajudar e sempre acreditaram que a educação é um meio de mudança de vida. Agradeço também aos inúmeros amigos que fiz ao longo da caminhada de graduação, principalmente à Jéssica, Ana Carolina e Brenda, que com uma palavra de apoio, um acolhimento e um incentivo tornaram toda essa jornada mais fácil. Agradeço também o apoio de amigos anteriores ao início da minha jornada na graduação, Vitor, Alice e Mariana, que me mantiveram são, mesmo quando eu acreditava não ser mais possível.

RESUMO

O desenvolvimento dos centros urbanos como os conhecemos hoje está intrinsecamente ligado à ocupação do solo próximo à cursos d'água. Entretanto, o desenvolvimento não planejado das áreas urbanas próximas aos rios trouxe consigo aspectos de caráter negativo, como as inundações. Historicamente o município de Cataguases sofre com recorrentemente com inundações de variadas proporções. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar o comportamento das vazões e cotas do Rio Pomba e propor soluções de engenharia e planos de ação, de modo a minimizar os danos causados à população, derivados dos eventos extremos. Determinou-se a aquisição de séries históricas entre os anos 2000 e 2021 nas plataformas HidroWeb, SACE e S2ID. Foi constatado que o município de Cataguases enfrenta com maior frequência os eventos de inundação entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com vazões e cotas do Rio Pomba atingindo valores máximos durante o mesmo período. Adicionalmente foi constatado a subnotificação, por parte do órgão público municipal, de eventos extremos na cidade. No intuito de tornar a cidade mais resiliente e preparada para enfrentar os eventos extremos durante o período chuvoso, é recomendado a implementação de obras de engenharia e tomadas de ação apresentadas.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Eventos extremos. Inundações. Série histórica.

ABSTRACT

The development of the urban centers as we know them today is intrinsically linked to the occupation of the land near watercourses. However, the unplanned development of urban areas near rivers has brought with it negative aspects, such as flooding. Historically, the municipality of Cataguases has suffered from recurrent floods of varying magnitudes. Therefore, the objective of this work was to identify the behavior of the flow rates and water levels of the Pomba River and to propose engineering solutions and action plans to minimize the damage caused to the population by the extreme events. Historical data series between the years 2000 and 2021 were acquired from the HidroWeb, SACE, and S2ID platforms. It was found that the municipality of Cataguases most frequently experiences flood events between the months of December, January and February, with the flow rates and water levels of the Pomba River reaching maximum values during the same period. Additionally, it was found that there is underreporting of extreme events in the city by the municipal public agency. In order to make the city more resilient and prepared to face extreme events during the rainy season, it is recommended to implement the engineering works and actions presented.

Keywords: Water Resources. Extreme events. Floods. Historical Series.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO.....	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1 Inundação no município de Cataguases	16
4. METODOLOGIA.....	20
4.1 Área de estudo.....	20
4.2 Base de dados utilizada.....	22
4.3 Metodologia aplicada.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 Dados pluviométricos.....	25
5.2 Dados fluviométricos.....	27
5.3 Dados declarados.....	32
6. ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS PREJUÍZOS PROVOCADOS PELAS INUNDAÇÕES	33
6.1 Tecnologias e sistemas de monitoramento.....	33
6.1.1 HidroWeb Mobile.....	33
6.1.2 Redes sociais como veículo de informação e monitoramento.....	37
6.2 Barragem de amortecimento.....	39
7. CONCLUSÃO.....	42
8. REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

O surgimento e o desenvolvimento dos centros urbanos como os conhecemos hoje está intrinsecamente ligado à fixação do homem na terra e a ocupação do solo próximo à cursos d'água. Analisando o aparecimento das primeiras aldeias, percebe-se que estas se desenvolveram às margens de importantes rios como Nilo, Tigres e Eufrates. Os rios impulsionaram a emergência e o desenvolvimento das cidades.

Segundo Saraiva (1987) a origem das cidades fluviais está normalmente associada a aspectos defensivos, comerciais e de encruzilhada, como é o caso de cidades como Lisboa, Londres, Nova Iorque, Cairo e Recife. Há ainda outros benefícios para a cidade derivados da proximidade dos rios que contribuíram em maior ou menor grau para a implementação e desenvolvimento das cidades. Dentre tais benefícios, podem ser listados:

- a disponibilidade de água para irrigação;
- o abastecimento de água potável;
- a regularização microclimática (efeitos na temperatura e umidade do ar);
- a valorização paisagística;
- o aproveitamento para lazer.

São Paulo, maior cidade brasileira e uma das mais importantes da América Latina, também tem seu surgimento atrelado a um rio, o Rio Tamandateí. Já ocupada anteriormente à chegada dos colonizadores ao Brasil, a região era habitada por indígenas que se fixaram ali devido aos benefícios trazidos pelo rio.

O fenômeno de cheias regulares fazia com que inúmeros peixes grandes encalhassem na região que havia sido inundada e estes, que acabavam morrendo e secando ao sol, eram posteriormente recolhidos, servindo de alimento. Adicionalmente, o rio servia de conexão ao litoral, que foi utilizado pelos colonizadores portugueses para desbravar a região e desenvolver relações comerciais. Tais associações influenciaram no crescimento e posterior desenvolvimento do município.

Como já discutido, os rios de fato trouxeram benefícios para a humanidade, contribuindo para a formação e desenvolvimento das áreas urbanas como as conhecemos hoje. Todavia, o desenvolvimento não planejado dessas mesmas áreas trouxe consigo aspectos de caráter negativo. Um destes aspectos está relacionado à deterioração da qualidade da água próxima a essas zonas.

Em áreas urbanizadas, a impermeabilização do solo, típica de cidades em crescimento, impede que a água da chuva se infiltre adequadamente no solo, aumentando o escoamento superficial. Isso leva à maior concentração de poluentes nos cursos d'água, agravando problemas de qualidade, como observado em rios urbanos no Brasil, incluindo o rio Pinheiros em São Paulo (MARINHO; GALVÃO; MIRANDA, 2020).

A partir de 1970, o município de Cataguases passou por profundas transformações, deixando de ser predominantemente agrícola para se tornar uma cidade industrial. Esse processo impulsionou o êxodo da população rural para a área urbana. Com o passar dos anos, a crescente impermeabilização do solo, aliada a um processo de urbanização desordenada às margens do Rio Pomba, aumentou significativamente a probabilidade de deterioração das águas de seu rio, assim como a probabilidade de desastres naturais.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo identificar as cotas relacionadas a eventos extremos no município de Cataguases, identificar o comportamento das vazões do Rio Pomba e precipitações no município durante a ocorrência de eventos extremos, propor soluções de engenharia e planos de ação, de modo a minimizar os danos causados à população, derivados dos eventos extremos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Um aspecto importante a ser citado diz respeito ao impacto das ocupações próximas aos corpos d'água. A urbanização desordenada e o despejo inadequado de resíduos geram uma carga poluente considerável, comprometendo tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível para o abastecimento humano e para os ecossistemas locais (SOUSA e REIS, 2020).

De acordo com Saraiva (1987) o rio pode também originar graves catástrofes com carácter esporádico. É o caso de ocorrência de cheias e inundações que causam elevados prejuízos humanos e materiais nas cidades, distritos e áreas rurais. As inundações urbanas ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual rios, córregos e canais urbanos transbordam para o seu leito maior, devido ao aumento súbito ou gradual da vazão da água no leito menor (TUCCI, 2012).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) em muitas situações, o leito maior do rio é ocupado (principalmente em locais onde as enchentes demoram a acontecer novamente), fazendo com que a enchente do rio se transforme em inundação, com perdas humanas e patrimoniais. A enchente é um fenômeno natural, ao passo que a inundação é o resultado da ocupação de áreas que pertencem ao rio e desrespeito aos ciclos naturais dos ambientes aquáticos, mesmo que a inundação se dê de forma pouco frequente e esporádica.

Em decorrência de eventos hidrológicos extremos recorrentes, sobretudo, nos aglomerados urbanos com maior taxa de impermeabilização do solo e alta densidade populacional, as inundações urbanas são fenômenos que não se restringem somente às grandes metrópoles, sendo também observados em cidades de médio e, até mesmo, pequeno porte (FARIAS e MENDONÇA, 2022).

De modo geral, a diferença entre enchente e inundação pode ser observada através do Quadro 1 abaixo.

Quadro 1: principais diferenças entre enchentes e inundações.

Evento	Enchente	Inundação
Local	Dentro do leito do rio ou corpo d'água	Fora do leito do rio ou em áreas secas
Impacto	Natural e sazonal	Causa danos e prejuízos
Causas	Chuvas intensas ou prolongadas	Chuvas extremas, falhas de drenagem e ocupação irregular

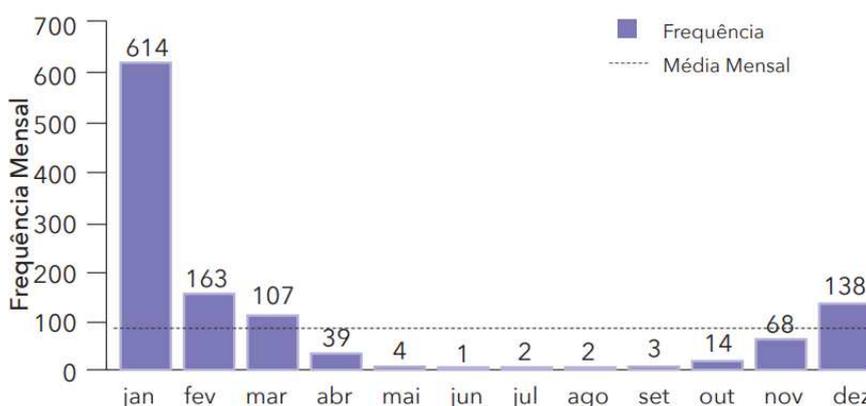
Fonte: autor.

Através do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991 a 2012), publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no ano de 2013, é possível identificar os impactos causados pelos eventos naturais comuns ao período chuvoso em solo nacional. Com trabalhos dedicados a cada estado brasileiro, o Atlas

discorre sobre eventos como estiagem, seca, movimento de massa, enxurradas, dentre outros.

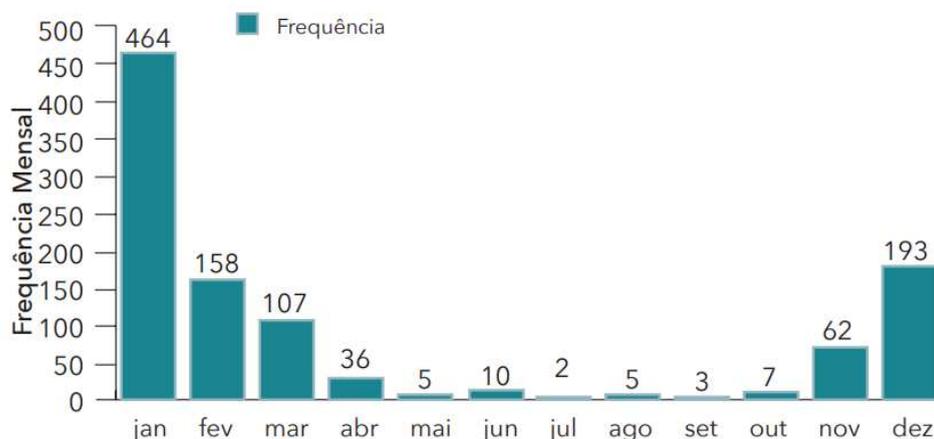
No período compreendido entre os anos 1991 e 2012 foi registrado, no estado de Minas Gerais, as seguintes informações: devido a enxurradas 2.160.322 pessoas foram afetadas, 159.128 ficaram desalojadas, 6.974 feridas e 112 acabaram morrendo; devido a inundações 4.367.191 pessoas foram afetadas, 231.965 pessoas ficaram desalojadas, 3.931 ficaram feridas ou enfermas e 55 vieram a óbito; devido a alagamentos 65.419 pessoas foram afetadas, 11.102 ficaram desalojadas, 29 feridas e 2 pessoas morreram. Todos os eventos citados anteriormente têm picos mensais registrados em dezembro e janeiro, sendo janeiro o mês mais crítico do ano, como pode ser visto através dos Gráficos 1,2 e 3 abaixo.

Gráfico 1: frequência mensal de desastres por enxurradas no Estado de Minas Gerais (1991-2012).



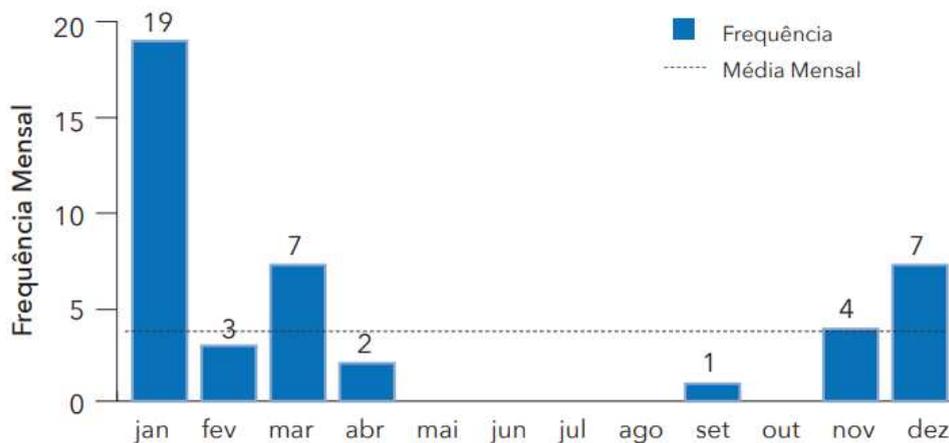
Fonte: UFSC (2012)

Gráfico 2: frequência mensal de desastres por inundações no Estado de Minas Gerais (1991-2012).



Fonte: UFSC (2012)

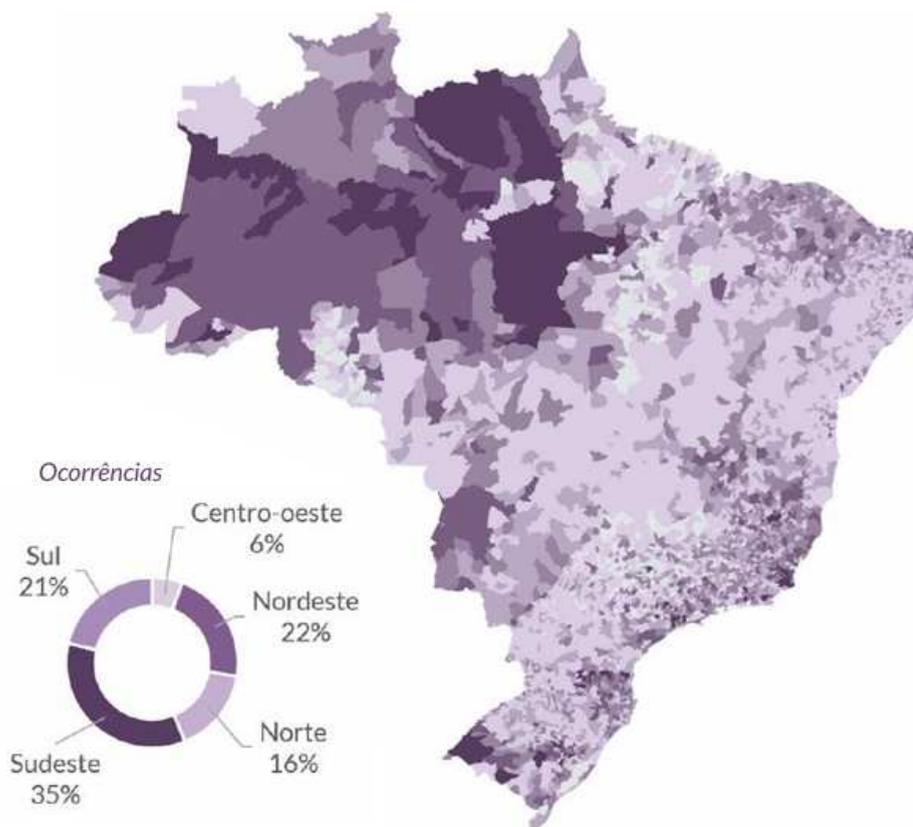
Gráfico 3: frequência mensal de desastres por alagamentos no Estado de Minas Gerais (1991-2012).



Fonte: UFSC (2012)

Em 2022 um estudo foi publicado pelo até então Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que foi desmembrado em 2023 e deu origem ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). O documento analisou o histórico de 30 anos de desastres naturais, compreendidos entre os anos 1991 e 2020. O que este documento identificou foi que entre esses anos o Brasil registrou 5.462 eventos de inundações sendo o Sudeste a região com maior incidência desses eventos, 35% no total. A Figura 1 abaixo, retirada do mesmo estudo, ilustra a ocorrência dos eventos de inundação distribuídos entre as regiões.

Figura 1: Ocorrência de inundações no Brasil entre os anos 1991-2020.



Fonte: MDR, 2022.

Um estudo realizado pela Confederação Nacional dos Municípios (CNM) analisou os desastres naturais ocorridos em território nacional entre os anos de 2013 e 2023, contendo informações que discorrem sobre eventos como secas, doenças infecciosas, incêndios e desastres decorrentes de chuvas, como as inundações. Segundo esse estudo, 29% do total de eventos registrados dentro dos anos analisados pela Confederação foram ocasionados devido às chuvas.

Ainda segundo o mesmo estudo, entre 2013 e 2023 as chuvas causaram 2.143 mortes, representando 80,3% do total de mortes causadas por desastres naturais em todo o Brasil. E ao ser analisado os prejuízos decorrentes das chuvas em cada unidade federativa (UF), Minas Gerais foi o segundo estado mais impactado em todo o Brasil, com mais de R\$ 13,7 bilhões de reais em danos causados pelas chuvas, representando 17,2% do total nacional.

De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres (Cemaden), somente no ano de 2023 foram registradas 123 mortes associadas a

eventos relacionados a chuvas, com 9.263 pessoas feridas ou enfermas e 74 mil desabrigados.

Mais recentemente, entre abril e maio de 2024, o Rio Grande do Sul enfrentou o que é considerado a maior tragédia climática da história do estado até então. Fortes chuvas atingiram o estado causando alagamentos, inundações, destruição e mortes devido a tempestades que atingiram a região. Ao todo 2,3 milhões de pessoas foram atingidas em 471 municípios dos 497 municípios do estado.

Na capital, Porto Alegre, pontos estratégicos como a rodoviária municipal, o aeroporto e a região central da cidade ficaram inundados. Maio daquele ano se tornou o mês mais chuvoso da história do município, com um acumulado de 539,9 milímetros de chuva.

Devido a gravidade da situação enfrentada por toda a população atingida, o governo do Rio Grande do Sul foi obrigado a construir cidades provisórias, que receberam parte dos desabrigados. O estado recebeu doações de alimentos, roupas, remédios e dinheiro de todos os estados do país, de modo a assistir os impactados pelo desastre em questão.

Mais de 13 mil quilômetros de estradas foram afetadas pelas inundações, segundo informações do governo estadual. Adicionalmente 14 pontes foram levadas pelas águas. O governo federal destinou somente em 2024 cerca de R\$ 98,7 bilhões de reais a ações emergenciais e recursos para reconstrução de infraestrutura e de apoio à população e a empresários gaúchos. Já o governo do Rio Grande do Sul investiu R\$ 2,4 bilhões de recursos para ações de curto e médio prazo. Além dos prejuízos financeiros, 183 pessoas morreram e 27 constavam como desaparecidas.

Abaixo é possível visualizar através das Figuras 2, 3 e 4 a gravidade da situação enfrentada pelo povo gaúcho.

Figura 2: Aeroporto de Porto Alegre inundado devido às inundações de 2024.



Fonte: CNN Brasil, 2024.

Figura 3: Casas destruídas no RS devido às inundações de 2024.



Fonte: G1, 2024.

Figura 4: Trecho da BR-190 bloqueado em El Dorado do Sul devido às inundações de 2024.



Fonte: G1, 2024.

3.1 Inundações no município de Cataguases

Historicamente o município sofre recorrentemente com inundações de variadas proporções entre os meses de novembro e fevereiro. Segundo a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Cataguases (2009), os bairros atingidos por tais eventos extremos são: Vila Teresa, Beira Rio, Vila Domingos Lopes, Haidée Fajardo, Independência, Bandeirantes, Leonardo, Paraíso, Santa Clara, São Pedro, Centro, Vila Minalda, Granjaria, Isabel Tavares, Pampulha, São Vicente, Ime Farage, Sol Nascente, Primavera, Popular, Pouso Alegre, Bom Retiro, Bela Vista, Vila Reis, Vila Rezende, Justino, Bom Pastor, Centenário, Ana Carrara, São Sebastião, São Diniz, Dico Leite, Maroti, Thomé, Sebastião Adolfo, Bom Sucesso, Ibraim, São Cristóvão, Taquara Preta, Colinas, Granjaria, Guanabara, Recanto das Palmeiras, Santa Cristina, ou seja, cerca de 80% da área urbana. Nos distritos, os locais atingidos são Aracati, Vista Alegre, Glória, Cataguarino e Sereno.

Com maior precisão na identificação das áreas afetadas por inundações no município de Cataguases, Mendonça (2022) dividiu a cidade em zonas e mapeou as ruas com histórico de ocorrência desses eventos. Para isso, foram utilizadas imagens disponíveis na internet, reportagens de jornais e vídeos como fontes de informação. O Quadro 2 abaixo apresenta os resultados obtidos pela autora.

Quadro 2: Identificação de ruas com ocorrência de inundações já registradas.

Zonas	Bairros	Ruas com trechos ou completamente inundadas
Zona Central	Centro, Jardim Bandeirantes 2, Menezes, Morada da Serra, Imigrantes e Bela Vista.	Rua Nogueira Neves; Rua Major Vieira; Av Rotary; Rua João Braga; Rua Leônidas Peixoto; Av. Meia Pataca; Rua José Almeida Kneip; Rua Tenente Furtado; Rua Dr. Francisco de Barros; Tv. São Vicente de Paula; Rua Dr. Lôbo Filho;

Zona Norte	Menezes, Independência, Haidee Fajardo, Thomé, Sebastião Adolfo, Sol Nascente, Floresta, Ponte Alta, Pampulha, São Diniz, Marote, São Sebastião, Popular, Pouso Alegre, Bom Retiro, Vila Reis e Vila Domingos Lopes	Rua Antônio Alexandre; Rua Camilo Nogueira da Gama; Av. Meia Pataca; Rua José Duarte; Rua Leônidas Peixoto; Rua Ondina Carvalheira Peixoto; Rua Guiomar Furtado; Rua Serafim Spíndola; Rua Artur Cardoso; Av. Eudaldo Lessa; Rua Fernando Peixoto; Rua Pascoalina Rigquete; Rua Reinor Rabelo Reis; Rua Otávio Jorge; Rua Manoel Machado Júnior; Rua João Cruz; Rua Elza Peixoto; Av. Sizenando Dutra de Siqueira; Rua Joaquim Oliveira Martins; Rod. Valdir Freitas; Estr. São Pedro
Zona Leste	Santa Cristina, Justino, Carijós, São Vicente, Rigquete, Taquara Preta, Distrito Industrial, São Cristóvão e São Marcos	Av. das Flores; Av. Oscarina; Av. Vargem Alegre; Rua Alameda dos Colibris; Rua Dona Flor; Rua Espera Feliz; Rua Cassiano; Av. José Costa Cruz; Av. Antônio Justino
Zona Oeste	Bonsucesso, Ana Carrara, Leonardo, Vila Minalda, Primavera, Paraíso, Beira Rio, Bom Pastor, Dico Leite, Centenário, Jardim, Imê Farage, Guanabara, Izabel Tavares, Fátima, Granjaria, Recanto das Palmeiras, Horto Florestal 1, Horto Florestal 2, Miguel, Colinas e Jardim Bandeirantes 1	Av. Veríssimo Mendonça; Rua Clélia Dutra; Rua Sadi Mendonça; Rua Geraldo Silva; Rua Nascimento de Souza; Av. Manoel Inácio Peixoto; Rua Luiz Pinto da Silva; Rua Valter Santos de Carvalho; Av Nicolau Siervi; Rua dos Operários; Rua Maria Schettini; Rua José Custódio Araújo;
Zona Sul	Cidade Nova, Ibraim, São Pedro e Santa Clara	Nenhuma

Fonte: Mendonça, 2022.

O estudo realizado por Roque *et al.* (2018) estimou que naquele ano 1.919 edificações estavam localizadas em áreas suscetíveis à ocorrência de solapamentos e inundações. Identificou-se que, via de regra, os domicílios possuíam baixo e médio padrão construtivo, com construção sido executada em encostas declivosas próximas à base e/ou crista de taludes de cortes e aterro e/ou

em áreas de planícies aluvionares. Tais planícies são consideradas zonas de recarga e descarga de sistemas hidrogeológicos locais e regionais, sendo responsáveis pela preservação livre das águas excedentes das cheias e inundações (MURARO, PEREIRA & PEREIRA, 2019).

França e Ribeiro (2013) ao mapearem as áreas de risco de alagamento na área urbana de Cataguases geraram a mancha de inundação no município para uma recorrência de 500 anos. As áreas identificadas pelos autores que seriam atingidas por esse evento podem ser visualizadas pela Figura 5 abaixo.

Figura 5: Representação da mancha de inundação no Município de Cataguases correspondente a 500 anos de recorrência.



Fonte: França e Ribeiro (2013).

Resultados do censo demográfico de 2022 indicam que Cataguases possui 8.212 habitantes expostos a riscos de inundações, enxurradas e deslizamentos. A partir dos dados apresentados é perceptível que o município é altamente impactado no período chuvoso, tendo um número expressivo de habitantes suscetíveis às inundações de forma direta, sofrendo com a perda de bens materiais e com os riscos de contaminação por doenças de veiculação hídrica.

Para além dos impactos diretos, aquela população que não se encontra em áreas de risco também sofre, principalmente com as limitações de locomoção impostas pelas cheias, uma vez que as águas ocupam áreas centrais e pontes estratégicas para a locomoção urbana. É possível citar também o impacto gerado no acesso à saúde pública, tendo em vista que o Hospital Santa Casa de Misericórdia está situado próximo ao rio Pomba e a áreas alagáveis.

Corroborando com as informações apresentadas anteriormente, segundo França e Ribeiro (2013), que geraram as manchas de inundação para valores máximos de vazões para 10, 20, 50, 100 e 500 anos de recorrência, o bairro Vila Minalda, correspondente a principal entrada para a cidade, é área crítica a eventos desse tipo, uma vez que na localidade existem muitas habitações irregulares. Os autores também identificaram como problemática as áreas do centro da cidade e do terminal rodoviário municipal, assim como os bairros Granjaria, Vila Domingos Lopes e Pampulha

Utilizando a base de dados do Atlas Digital de Desastres Naturais no Brasil (desenvolvido pela UFSC) entre 2000 e 2024, devido à inundações, o município registrou uma morte, 8.345 pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas, o total de afetados foi de 64.045 pessoas, gerando R\$ 48.780.113,20 em danos e um prejuízo de R\$ 193.475.947,85. Devido a alagamentos e enxurradas, dois óbitos foram registrados, 1.570 pessoas ficaram desabrigadas ou desalojadas, 9.162 pessoas foram afetadas no total, com uma geração de danos de R\$33.149.779,18 e R\$9.304.571,01 em prejuízos.

É necessário esclarecer, para um melhor entendimento deste trabalho, que os danos identificados pela base de dados do Atlas Digital de Desastres Naturais dizem respeito às perdas físicas em infraestrutura, meio ambiente e bens materiais. Entre os possíveis danos identificados é possível citar a destruição de casas, estradas, pontes, dentre outros. Já os prejuízos basicamente representam as perdas econômicas e sociais resultantes dos danos, afetando a produção industrial, o comércio, o turismo, dentre outros.

Matérias jornalísticas são facilmente encontradas relatando os problemas enfrentados por toda a população do município no período de cheias. Na plataforma G1 e G1 Zona da Mata, que pertencem ao grupo O Globo, além de imagens do município tomado pelas águas, também é possível encontrar reportagens relatando as condições locais e os desafios derivados dos eventos extremos. Em 2008,

segundo o noticiário, o abastecimento de água foi interrompido e no bairro Santa Clara, que não havia sido atingido devido à sua altitude, mas os supermercados estavam ficando vazios. Já em 2020, o folhetim noticia que o Rio Pomba atingiu o nível de 7,45 m, havendo ruas alagadas, suspensão de aulas e fechamento de estabelecimentos. Em 2023 o G1 relata que, devido às fortes chuvas de janeiro, 47 pessoas estavam desabrigadas e 1.252 ficaram desalojadas devido ao transbordamento do rio que corta a cidade. Registros fotográficos das reportagens citadas podem ser vistas através das Figuras 6 e 7 abaixo.

Figuras 6 e 7: Inundações em Cataguases (MG).



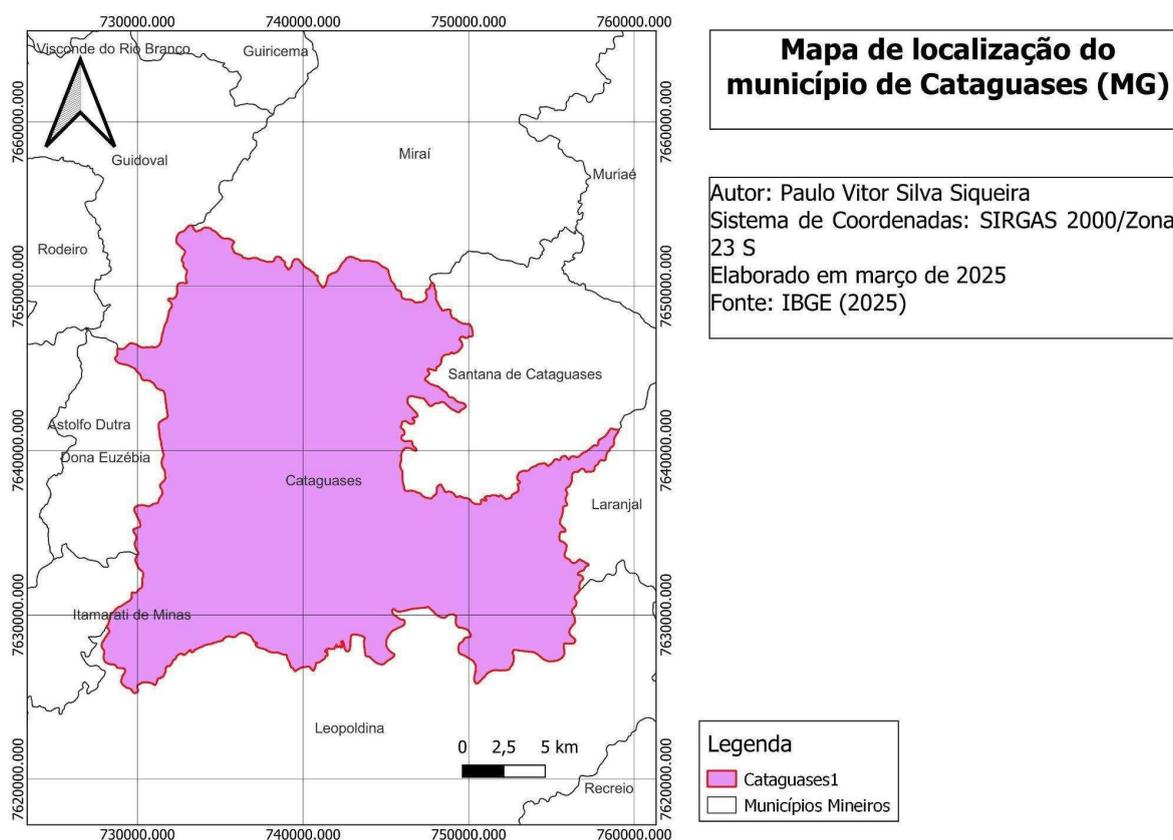
Fonte: G1 Zona da Mata

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O presente trabalho tem enfoque no município de Cataguases, interior do estado de Minas Gerais. Situado na mesorregião da Zona da Mata, na Latitude 021°23'20" S e Longitude 042°41'49" W, a uma distância de 320 km da capital Belo Horizonte, estão compreendidos em seu território a sede municipal e os distritos de Aracati de Minas, Cataguarino, Glória de Cataguases, Sereno e Vista Alegre. Seu mapa de localização pode ser visualizado através da Figura 8 abaixo.

Figuras 8: mapa de localização do município de Cataguases.



Fonte: autor.

De acordo com a plataforma MapBiomas Brasil (2021), a composição territorial do município corresponde a florestas (19,04%), agropecuária (78,06%), área não vegetada (2,03%) e corpo d'água (0,87%). Seu ponto de maior altitude está compreendido em 1.119 m, sua sede está a 169 m. Seu clima é tropical e portanto apresenta fortes chuvas durante o verão.

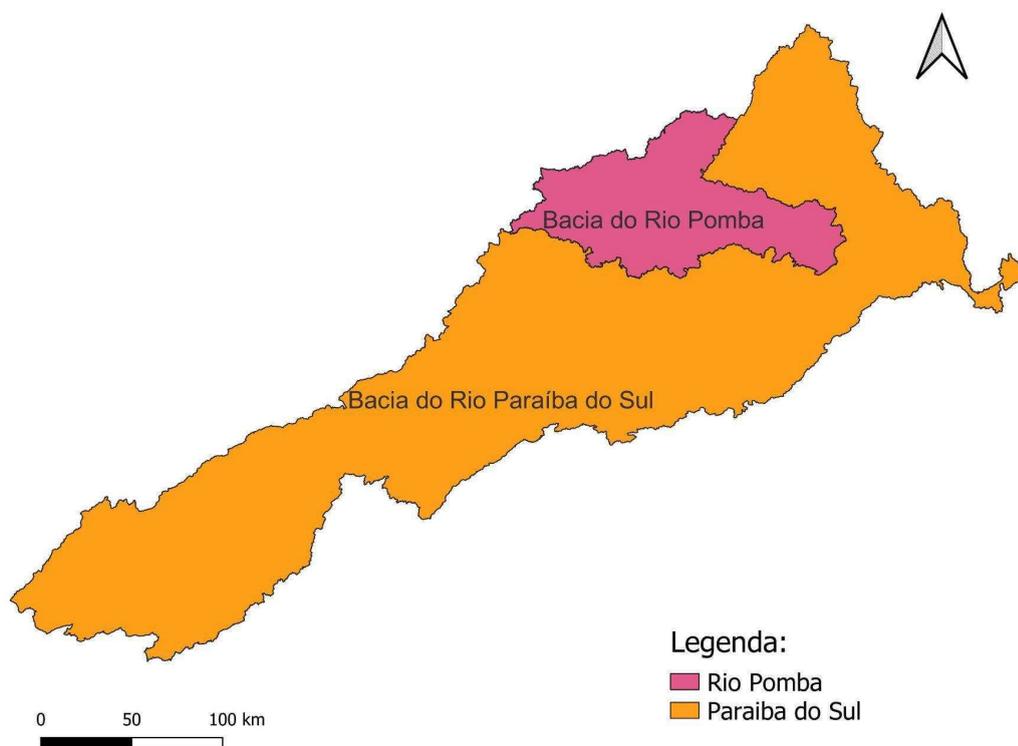
Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022), a cidade conta com uma área territorial de 491,76 km² e possui uma população de 66.261 pessoas, o que corresponde a uma densidade demográfica de 134,74 km². Ainda segundo os dados obtidos, 85,8% dos domicílios são atendidos por esgotamento sanitário adequado, 87,5% de domicílios urbanos estão em vias públicas com arborização e 58,2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

O município é banhado pelo Rio Pomba ao longo de toda sua extensão territorial, rio este que pertence à Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. Segundo o COMPÉ (Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios

Pomba e Muriaé), a área territorial compreendida pela bacia possui 65 municípios, atendendo a uma população aproximada de 837.509 mil habitantes. É considerada uma sub-bacia do Paraíba do Sul, que por sua vez pertence à bacia do Atlântico Sudeste. Se localiza entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A Figura 9 abaixo representa a delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e a Bacia Hidrográfica do Rio Pomba.

Figura 9: Representação da Bacia do Rio Paraíba do Sul e da Bacia do Rio Pomba.

Bacia Hidrográfica do Rio Pomba e Rio Paraíba do Sul



Fonte: autor.

4.2 Base de dados utilizada:

O Portal HidroWeb é uma ferramenta, disponibilizada no site do Governo Federal, que integra o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), incluindo os níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos (BRASILa, 2023).

O SACE é a plataforma desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil vinculada à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) para disponibilizar todas as informações geradas no contexto dos Sistemas de Alerta Hidrológico (SAHs). Reúne todas as informações disponíveis para cada bacia hidrográfica, como o monitoramento automático de chuvas e níveis de rios em diversas estações hidrometeorológicas, os links para os mapas de riscos dos municípios e todos os boletins de monitoramento e alertas publicados (BRASILb, 2023).

Com o intuito de conceber um sistema operacional que reunisse e organizasse os dados operacionais dos reservatórios do Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico criou em 2013 o Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR. Consiste em uma plataforma web que permite, de maneira simples, o acompanhamento da operação dos principais reservatórios do Brasil (BRASILc, 2023).

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e foi criado com o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, por meio da informatização de processos e disponibilização de informações sistematizadas dessa gestão (BRASILd, 2022)

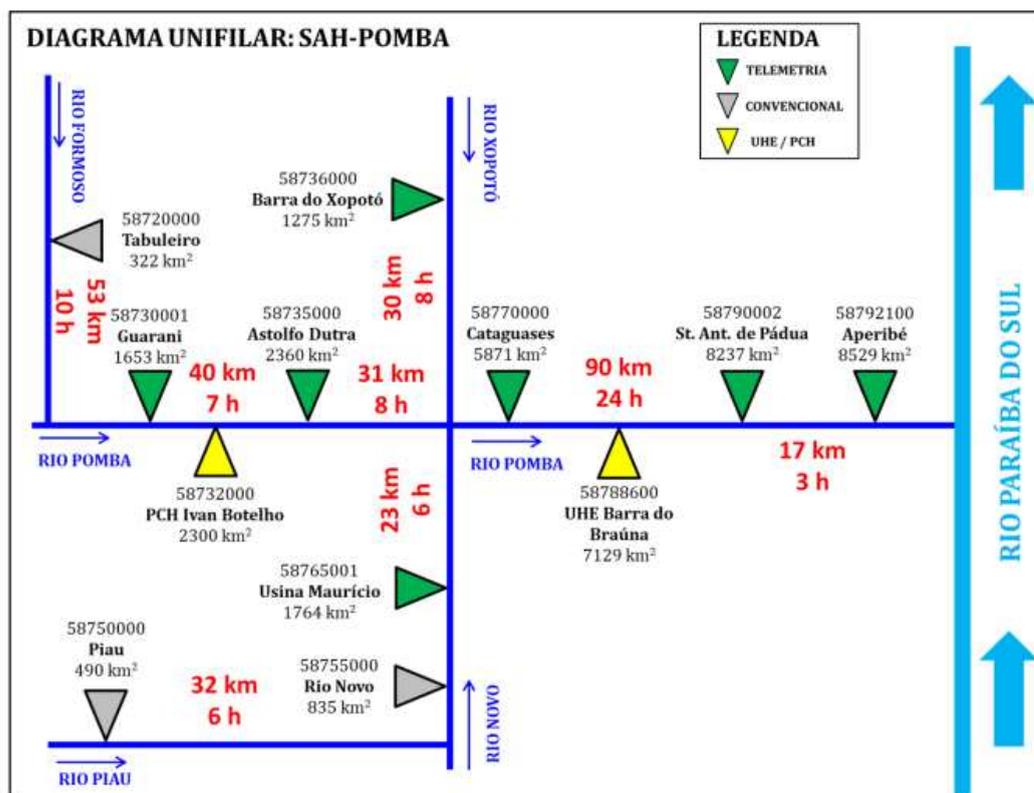
4.3 Metodologia aplicada

Primeiramente foi feita a escolha do período temporal no qual seriam feitas as análises pertinentes dos parâmetros hidrológicos. Neste sentido, foi escolhido o ano de 2000, início do século XXI, como ano inicial das análises. Limitou-se ao ano de 2021 as buscas por informações uma vez que este é o ano mais recente que possui relatório publicado para a bacia pela CPRM. É preciso que se leve em consideração que o ano hidrológico se inicia juntamente com o período chuvoso (no mês de outubro), terminando ao fim do período seco, completando um ciclo anual climático completo. Neste sentido, os dados começaram a ser analisados em outubro de 2000 e finalizados em julho de 2021.

Com o intuito de identificar os corpos d'água pertinentes para o desenvolvimento do presente trabalho, a plataforma SACE foi acessada para

aquisição de dados mais detalhados da Bacia do Rio Pomba. Através da aba “Bacias Monitoradas” foi possível identificar que o SAH do Rio Pomba está em funcionamento desde 2019, havendo publicações de relatórios anuais do sistema de alerta da bacia. Através desses relatórios foi possível conhecer os pontos, os nomes e os códigos das estações fluviométricas e pluviométricas de monitoramento hidrológico em atividade, através do diagrama unifilar que pode ser visto através da Figura 10 abaixo.

Figura 10: diagrama unifilar do SAH-Pomba.



Fonte: CPRM (2020).

Para fim de desenvolvimento deste trabalho as seguintes estações, apresentadas através da Tabela 1, foram acessadas para aquisição de dados:

Tabela 1: estações utilizadas.

Estação		
Tipo	Fluviométrica	Pluviométrica
Código	58770000	02142001

Fonte: autor.

Com os códigos das estações já discriminadas, posteriormente foi consultada a plataforma HidroWEB com o intuito de ter acesso a séries históricas das estações. Foi feita uma busca na base de dados usando como filtro a opção “estação pluviométrica” e os códigos das estações de Cataguases. Pela plataforma foi possível ter acesso às séries históricas de todas as estações citadas anteriormente, de modo que facilmente se pode consultar informações como vazões e cotas do Rio Pomba

Utilizando como referência O Relatório Anual do Sistema Hidrológico de Alerta da bacia do rio Pomba - 2021 (CPRM, 2021) foi identificado que, para o município de Cataguases, é considerada cota de Atenção, Alerta e Inundação qual o nível do rio atinge 350, 450 e 550 cm, respectivamente. Logo após foi possível recorrer à série histórica e identificar quais e quantos dias atingiram cotas preocupantes para o local.

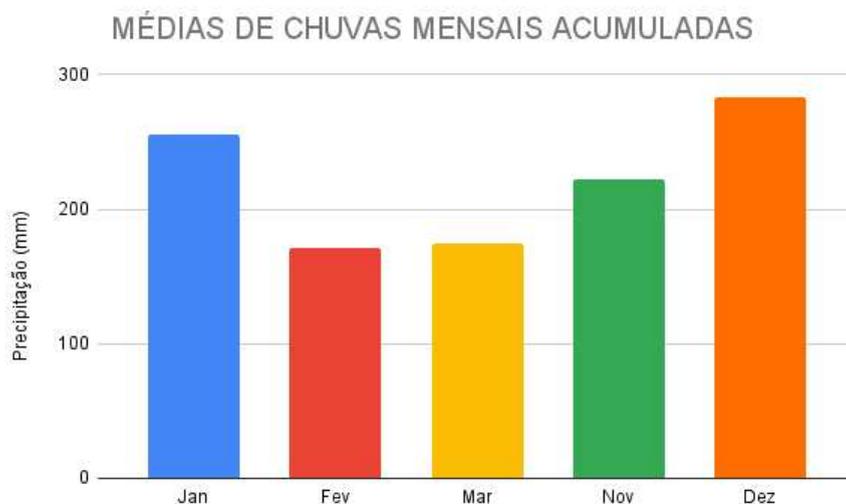
Também foi feita uma busca de dados dentro da plataforma S2ID, com o objetivo de identificar informações sobre desastres naturais declarados pela prefeitura de Cataguases. Em seguida foi feita uma comparação com os dados compilados das séries históricas com os dados encontrados, de modo a se perceber se houve casos não identificados anteriormente ou até mesmo subnotificados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Dados pluviométricos

Em relação aos dados pluviométricos observados para Cataguases observa-se que as precipitações no município começam a aumentar a partir do mês de novembro, apresentando um pico em dezembro, decaindo entre janeiro e março, mas ainda com valores expressivos quando comparados aos outros meses do ano. A média das precipitações acumuladas entre novembro e março variam entre 171,8 e 283,1 e podem ser observadas abaixo através do Gráfico 4.

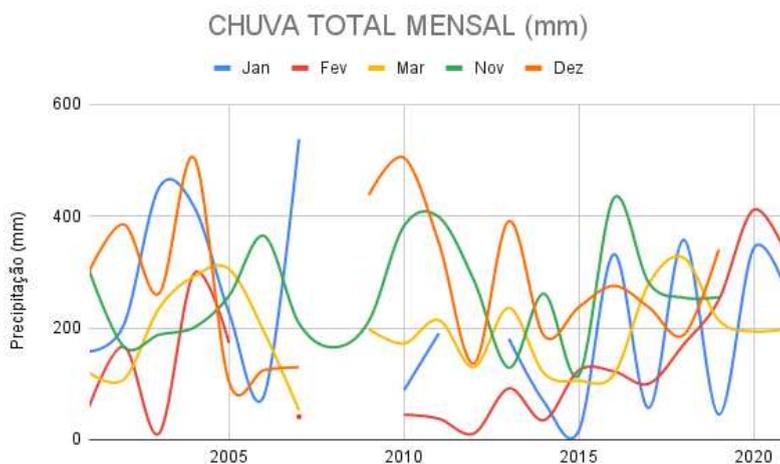
Gráfico 4: média máxima mensal de vazões para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

Em relação ao valor de chuva acumulada entre os meses de novembro e março, uma análise detalhada ao longo dos anos revela que fevereiro de 2003 registrou o menor volume de precipitação, com apenas 11,2 mm. Por outro lado, janeiro de 2007 destacou-se como o mês com maior chuva acumulada, atingindo 537,8 mm. Vale ressaltar que, embora 2008 tenha apresentado as maiores cotas e vazões do Rio Pomba, não há registros pluviométricos disponíveis para a maior parte desse ano, com exceção de novembro, quando foram acumulados 165,4 mm de chuva.

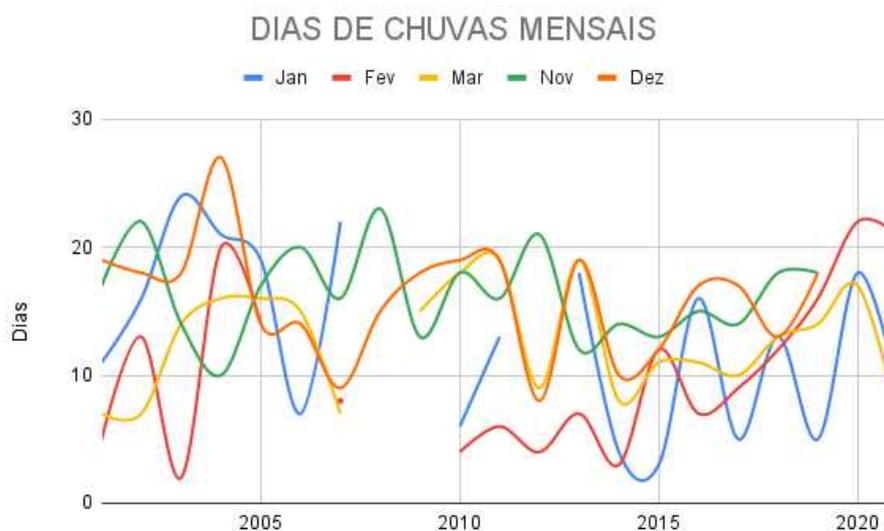
Gráfico 5: chuva total mensal para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

Ao analisar a distribuição das chuvas ao longo dos dias do ano, observa-se que os meses de novembro e dezembro concentram a maior frequência de precipitações, com um total de 325 e 324 dias de chuva, respectivamente, entre 2000 e 2021. Por outro lado, fevereiro se destaca como o mês com a menor incidência de chuvas ao longo dos anos, entre os meses do período chuvoso. Dentre os anos analisados, 2004 registrou o maior número de dias chuvosos entre novembro e março, somando 94 dias com ocorrência de precipitação. Esses dados evidenciam a sazonalidade das chuvas na região e ajudam a compreender os padrões climáticos locais. A análise detalhada dos valores obtidos pode ser observado através do Gráfico 6 abaixo.

Gráfico 6: dias totais com ocorrência de chuva para o município de Cataguases.



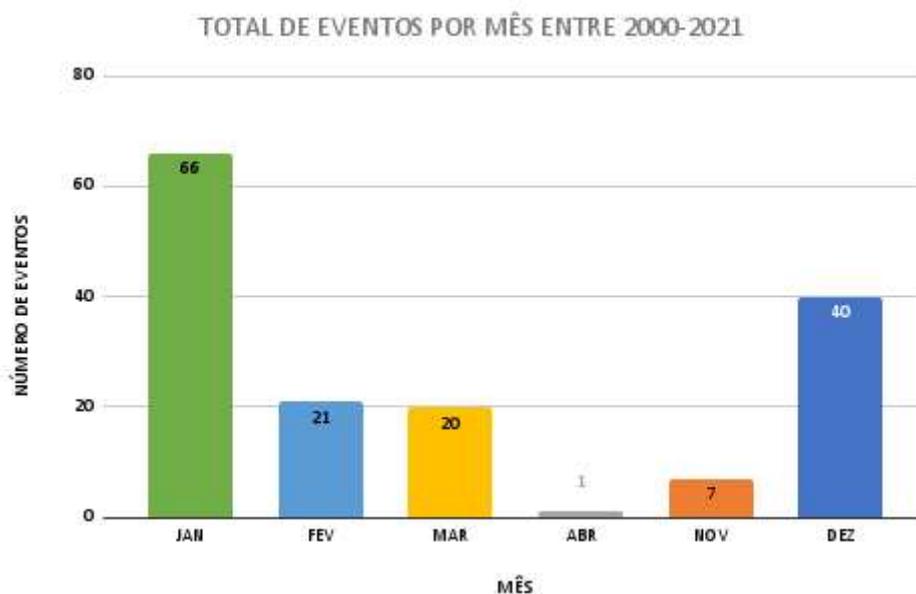
Fonte: autor.

5.2 Dados fluviométricos

A partir dos dados fluviométricos obtidos por meio das séries históricas disponibilizadas pela ANA, foi possível identificar que o comportamento hidrológico do município de Cataguases segue um padrão semelhante ao descrito no Item 1, no que diz respeito à ocorrência de eventos em que o rio atingiu os níveis de atenção, alerta e inundação. Em Cataguases, esses registros foram mais frequentes entre os

meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com destaque para janeiro, que apresentou o maior número de ocorrências.

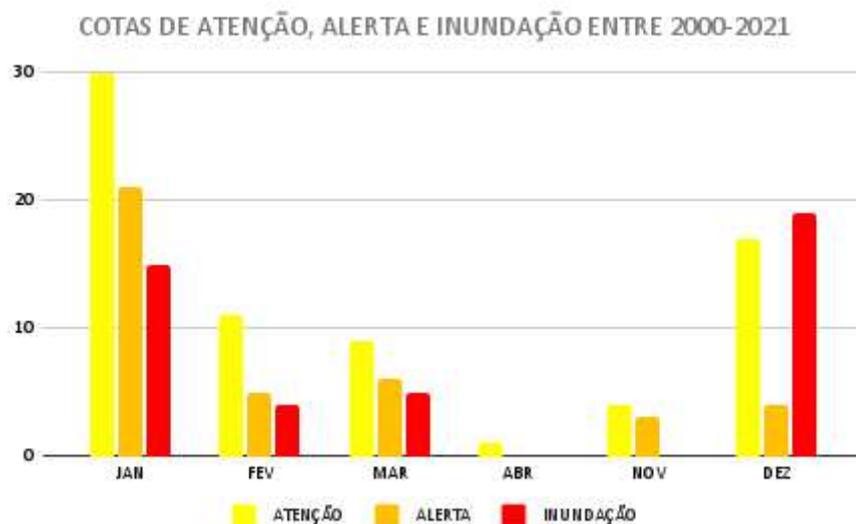
Gráfico 7: eventos totais por mês de cotas de atenção, alerta e inundação para o município de Cataguases entre 2000 e 2021.



Fonte: autor.

Ao realizar uma análise mensal detalhada, considerando separadamente a ocorrência de eventos nos níveis de Atenção, Alerta e Inundação, observa-se que, embora janeiro apresente a maior frequência desses eventos, é em dezembro que as inundações se destacam, devido à maior ocorrência, de acordo com os dados da série histórica. Essa análise é perceptível através do Gráfico 8 abaixo.

Gráfico 8: eventos totais por mês de cotas de atenção, alerta e inundação detalhados para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

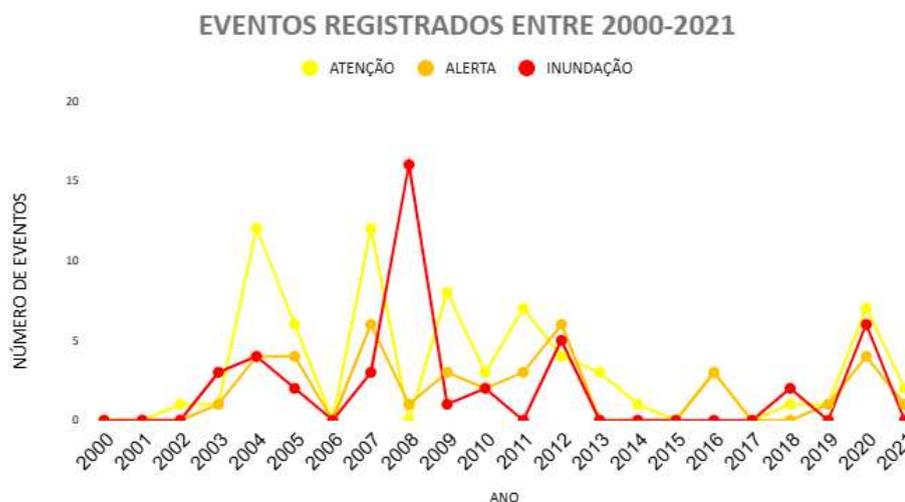
Ao analisar os eventos em uma perspectiva anual, observa-se que 2007 foi o ano com maior número de ocorrências identificadas, totalizando 21 eventos. No entanto, quando se considera apenas os episódios de inundação, 2008 se destaca, registrando 16 ocorrências. A distribuição anual desses eventos, bem como sua análise detalhada, pode ser visualizada através dos Gráficos 9 e 10 apresentados a seguir.

Gráfico 9: número total de eventos extremos por ano para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

Gráfico 10: número total de eventos extremos por ano detalhados para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

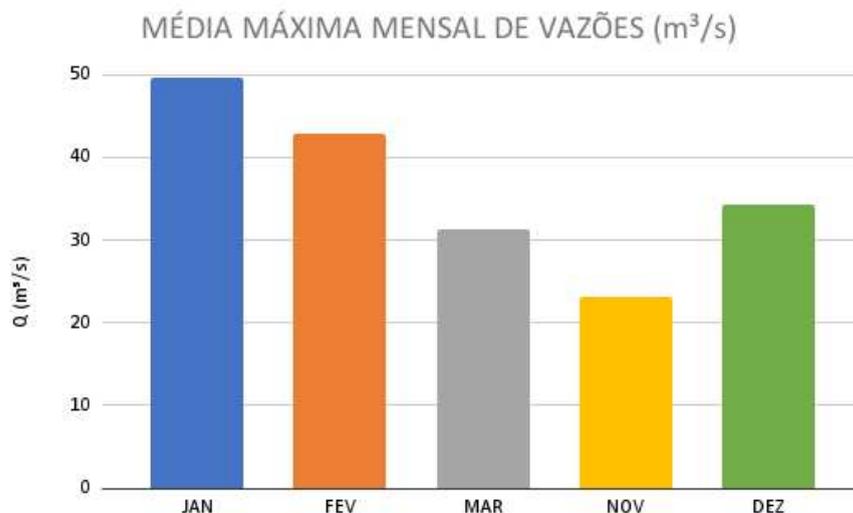
É importante ressaltar que, durante mais da metade do mês de dezembro de 2008, o Rio Pomba manteve cotas entre os níveis de alerta e inundação. No dia 16, o nível do rio atingiu 500 cm, alcançando o nível de atenção. Contudo, entre os dias 17 e 31, as cotas ultrapassaram consistentemente o limite de inundação, variando entre 580 cm e 985 cm, valores significativamente superiores ao limite necessário para o transbordamento do rio. É no dia 18 do mesmo mês que o Rio Pomba alcançou sua maior cota dentro do período temporal deste trabalho, ficando 435 cm acima do nível de inundação. Esse período evidencia a gravidade dos eventos hidrológicos ocorridos na região e vão de encontro aos danos causados no município.

Ao longo do período analisado, o município de Cataguases registrou um total de 158 dias de eventos críticos relacionados ao nível do Rio Pomba. Desses, 75 dias corresponderam ao nível de atenção, 42 dias ao nível de alerta e 41 dias a inundações. Esses dados destacaram a recorrência significativa de situações que demandam monitoramento e ações preventivas na região.

Ainda a partir dos dados históricos de fluviometria disponíveis na plataforma HydroWeb, foi possível realizar uma análise das vazões do Rio Pomba no município de Cataguases. Assim como observado nas análises das cotas, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro destacam-se pela ocorrência das maiores vazões

registradas ao longo do ano. A média mensal máxima das vazões medidas pela estação fluviométrica varia entre 23,0 m³/s e 49,45 m³/s durante o período chuvoso, com o mês de janeiro apresentando a maior média mensal de vazão. Esse padrão reforça a relação entre o aumento das vazões e a elevação dos níveis de cota do rio nesses meses. O Gráfico 11 abaixo demonstra como os valores da vazão se comportam entre dezembro e março.

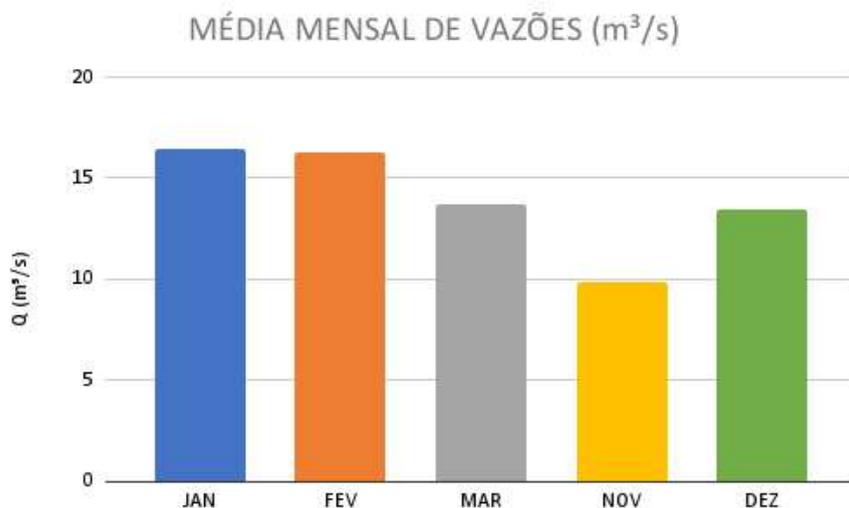
Gráfico 11: média máxima mensal de vazões para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

Em relação à média mensal anual das vazões, o comportamento observado segue um padrão semelhante ao anterior. Nesse caso, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro também se destacam, com vazões variando entre 9,90 m³/s e 16,45 m³/s. As médias mensais anuais de janeiro e fevereiro são bastante próximas, registrando 16,45 m³/s e 16,3 m³/s, respectivamente. Por outro lado, novembro apresenta a menor média mensal de vazão dentro do período chuvoso, evidenciando uma transição gradual do pico observado nos meses subsequentes. O Gráfico 12 abaixo detalha as vazões médias anuais.

Gráfico 12: média mensal de vazões para o município de Cataguases.



Fonte: autor.

Em relação aos dias em que foram registradas inundações no município, as vazões mostraram-se significativamente superiores às médias registradas entre 2000 e 2021. Em dezembro de 2008, mês com as maiores incidências de dias com inundação em Cataguases, a vazão chegou a 1019,23 m³/s no dia 18, data que também corresponde à maior cota registrada no período. No entanto, o maior pico de vazão do Rio Pomba ocorreu em 3 de janeiro de 2012, quando foram registrados 1147,58 m³/s e uma cota de 910 cm, marcando um evento extremo de cheia. Esses dados destacam a magnitude dos eventos hidrológicos ocorridos nesses períodos críticos.

5.3 Dados declarados

Em relação aos dados declarados pela prefeitura na plataforma S2ID, observa-se que apenas em 2016 houve o registro de quatro desalojados devido a enxurradas. No período entre 2013 e 2015, bem como entre 2019 e 202, não foram registrados eventos relacionados a desastres, segundo informações disponibilizadas pela prefeitura. Além disso, no ano de 2017, não houve nenhuma declaração por parte do poder público municipal.

A partir dos dados apresentados nos tópicos anteriores, é possível perceber que os eventos relacionados a desastres naturais estão subnotificados pela

prefeitura na plataforma S2ID. Essa subutilização por parte do órgão público municipal compromete seu potencial como ferramenta de gestão. A disponibilização de dados consolidados e atualizados pode desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento e na implementação de políticas públicas eficazes.

Informações atualizadas e periódicas servem como base sólida para a tomada de decisões, permitindo a identificação de problemas e a priorização de ações estratégicas. Além disso, a alocação de recursos financeiros pode ser direcionada de forma mais eficiente, garantindo que as áreas críticas recebam a atenção necessária.

No caso de eventos extremos de inundação, os dados podem facilitar o mapeamento de áreas críticas, como regiões com falta de infraestrutura e vulnerabilidade a desastres naturais. Além disso, essas informações também permitem facilitar o monitoramento de políticas públicas já implementadas ou em andamento, uma vez que facilitam avaliar se os objetivos propostos estão sendo alcançados.

6. ALTERNATIVAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS PREJUÍZOS PROVOCADOS PELAS INUNDAÇÕES

A partir de todas as informações apresentadas neste trabalho se faz necessário a recomendação de ações que promovam a disseminação de informações sobre eventos extremos na cidade, de modo a facilitar a tomada de decisão tanto por parte da população afetada quanto pelo poder público. Adicionalmente, se faz necessário a indicação de obras de engenharia que visem reduzir o impacto desses eventos no município. Essas medidas têm o potencial de aumentar a segurança e melhorar a qualidade de vida da população durante o período chuvoso, tornando Cataguases em uma cidade mais resiliente e segura, preparada para enfrentar desafios climáticos.

6.1 Tecnologias e sistemas de monitoramento

6.1.1 HidroWeb Mobile

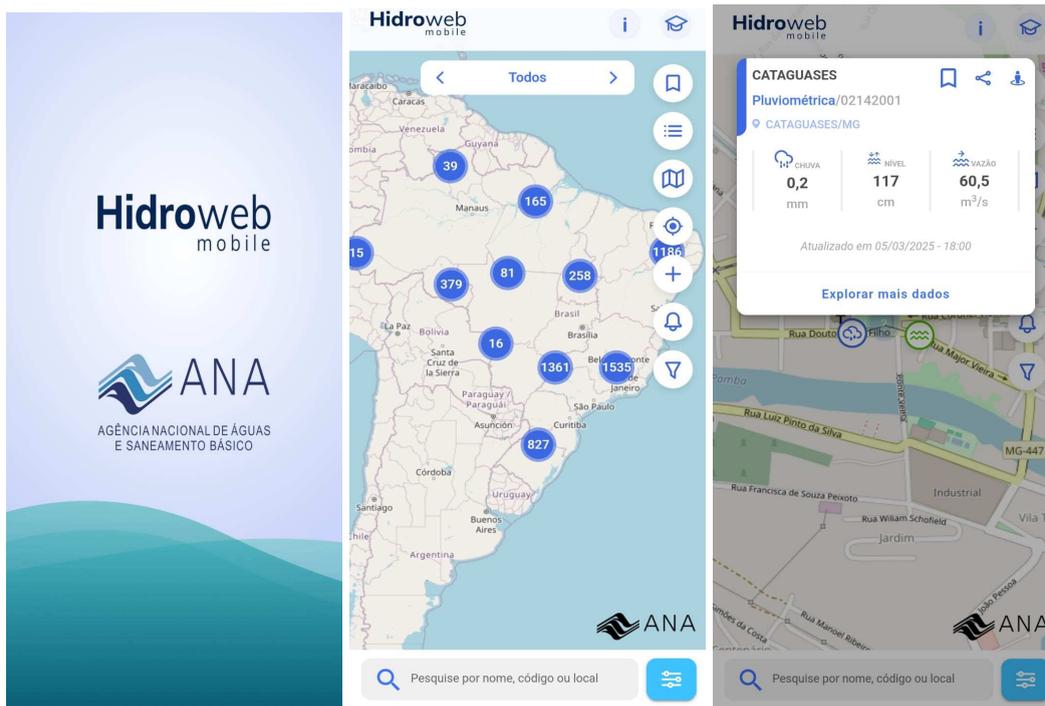
O HidroWeb Mobile é uma ferramenta integrante do SNIRH e permite acesso a dados telemétricos coletados pela Rede Hidrometeorológica Nacional, reunindo

dados sobre níveis e vazões de rios e de chuvas em todo o território nacional. A utilização de aplicativos para alerta de inundações tem se tornado uma ferramenta essencial para a proteção de vidas e a redução de danos causados por desastres naturais.

Aplicativos como o HidroWeb Mobile podem fornecer informações em tempo real sobre riscos de enchentes, permitindo que a população se prepare e tome decisões rápidas em situações de emergência. Em um mundo onde as mudanças climáticas têm intensificado eventos extremos, como chuvas torrenciais e inundações, o acesso a aplicativos que disponibilizam dados precisos pode ajudar a população a se manter segura diante desses desastres.

Disponível para dispositivos com sistema operacional Android e iOS, o aplicativo possui fácil acesso e navegação. Os dados disponíveis por meio dele podem ser filtrados em relação ao tipo de estação (fluviométrica, pluviométrica ou reservatório), estado, município, bacia, sub-bacia, rio, responsável e operadora. É possível encontrar uma estação pesquisando apenas pelo nome da cidade de interesse ou até mesmo utilizando a localização atual do usuário, de modo a encontrar a estação mais próxima. Há ainda a possibilidade de salvar uma estação específica na aba “Meus Favoritos”, tornando mais ágil o acesso a estações de interesse. Através das Figuras 11 a, b e c abaixo é possível visualizar o layout do aplicativo.

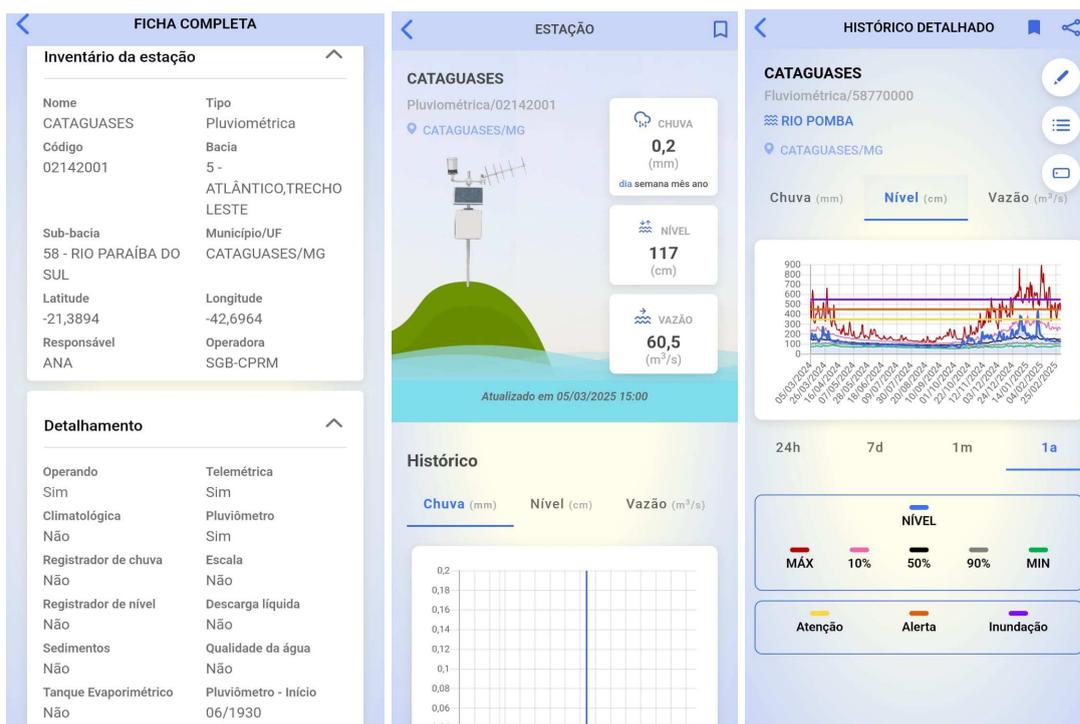
Figuras 11 a, b e c: demonstração do layout do aplicativo HidroWeb Mobile.



Fonte: autor.

Assim que se encontra a estação desejada é possível ter acesso aos dados de chuva, nível do rio e vazão mais atuais do dia. É possível também clicar em “Explorar mais dados” onde se tem a ficha da estação, tendo acesso a todos os seus dados, desde seu código até a operadora responsável. Também está disponível o detalhamento dos dados de chuva, nível e vazão, onde é encontrado dados registrados dentro das últimas 24 horas, sete dias, um mês e um ano. Todos esses detalhes podem ser visualizadas através das figuras 12 a, b e c abaixo.

Figura 12 a, b e c: demonstração do layout do aplicativo HidroWeb Mobile.



Fonte: autor.

Ainda que o aplicativo seja bastante completo com relação a dados, atualmente o aplicativo apresenta um erro que não permite que eles sejam compartilhados com outros usuários. Isso é um fator negativo pois dificulta a divulgação ou o compartilhamento dessas informações entre usuários. Adicionalmente é possível encontrar reclamações de usuários que relatam o não funcionamento do aplicativo por diversos dias, lentidão de até quatro horas na atualização de dados em alguns locais e dificuldade de acesso principalmente em dias chuvosos. Melhorias e atualizações no aplicativo têm potencial de resolver os problemas relatados pelos usuários. Por fim, a necessidade de ter acesso à internet para verificação dos dados disponíveis é um fator limitante ao uso dessa ferramenta.

Aplicativos semelhantes ao HidroWeb Mobile são utilizados ao redor de todo o mundo. Na cidade do Rio de Janeiro o aplicativo Alerta Rio tem proposta semelhante, disponibilizando as últimas leituras das estações, disparando notificações de alerta e previsão do tempo. Na Índia o governo oferece alertas de inundações e outros desastres naturais através do aplicativo India Meteorological Department (IMD) App. Nos Estados Unidos o Federal Emergency Management

Agency (FEMA) App fornece alertas de inundações, mapas de risco e informações sobre como se preparar para desastres.

A democratização do acesso a esses aplicativos é um passo crucial para a segurança da população ao redor do globo. Com um dispositivo smartphone em mãos, mesmo em regiões remotas ou de baixa renda, é possível levar informações vitais a um número maior de pessoas. No entanto, é essencial que governos e organizações invistam em campanhas de divulgação e em infraestrutura de comunicação, garantindo que todos tenham acesso a essas ferramentas.

6.1.2 Redes sociais como veículo de informação e monitoramento

Estima-se que atualmente no Brasil existam aproximadamente 230 milhões de smartphones em uso. Com uma população estimada de 212,6 milhões de pessoas é perceptível a penetração significativa desse tipo de tecnologia em solo nacional. Tais dispositivos dão aos seus usuários a capacidade de acesso às redes sociais. Segundo o We are Social e Meltwater, empresas especializadas em análises de dados e estratégias digitais, existem 144 milhões de contas de brasileiros nas redes sociais e o número de usuários de mídias sociais é equivalente a 66,3% da população total. As principais redes sociais utilizadas pela são o Facebook, o Instagram e o Youtube.

De acordo com Andrade *et al.* (2020) nos últimos anos houve a ocorrência de um interesse crescente em dados de rede social como uma fonte suplementar para a gestão de riscos de desastres. As mídias sociais são fontes de informação valiosas e em tempo quase real que podem ser empregadas para aumentar os dados objetivos a partir de sensores físicos, bem como aumentar a cobertura espacial de áreas de monitoramento. Assim, as plataformas podem ser vistas como um canal que fornece uma maneira de disseminar informações oportunas e de granulação fina, permitindo que os cidadãos atuem como sensores humanos (DELBEM, 2019).

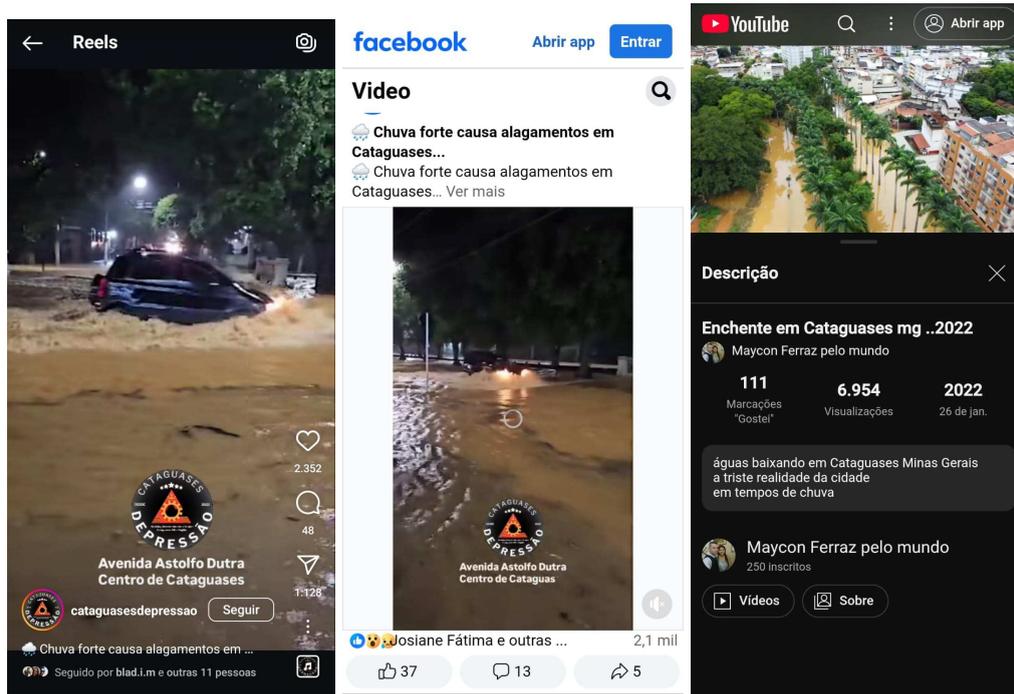
As redes sociais oferecem uma plataforma rápida, acessível e amplamente utilizada para comunicar riscos, orientar a população e coordenar ações de emergência. Podem servir de meio para que órgãos públicos, defesas civis e organizações compartilhem alertas de inundação, com capacidade de alcance de um grande número de pessoas.

Atuando como peças ativas na disseminação de informação pertinente, a população também pode relatar situações em tempo real, como o aumento no nível da água ou bloqueios de vias. Para além de relatos, também é possível o compartilhamento de fotos e vídeos nas redes sociais, que ajudam a ilustrar a gravidade da situação, com capacidade de aumentar a conscientização e adesão em relação a medidas de segurança.

Segundo Fonseca e Garcias (2021), além de ser um instrumento de gestão de risco, a comunicação faz parte do direito das pessoas de serem informadas dos riscos. A comunicação exercida através das redes sociais pode auxiliar as pessoas a: saberem se são vulneráveis; compreender até que ponto estão sujeitos a esse fenômeno; e permitir que se preparem melhor para uma inundação.

Em pesquisas nas redes sociais Facebook, Instagram e YouTube é possível encontrar publicações da própria população e de veículos informais de comunicação, relatando a situação do município de Cataguases durante eventos extremos. Através dessas mídias a população divulga os pontos atingidos por alagamentos e inundações, sendo possível encontrar também alertas da defesa civil e o acompanhamento da variação do nível da água do Rio Pomba, através de uma série de vídeos e fotos. Abaixo é possível verificar nas Figuras 13 a,b e c algumas publicações que destacam as ocorrências citadas.

Figuras 13 a,b e c: publicações disponíveis nas redes sociais como forma de alerta para a população e monitoramento de eventos extremos no município de Cataguases.



Fonte: Instagram, Facebook e Youtube.

6.2 Barragem de amortecimento

Segundo Silva *et al.* (2022) o amortecimento de cheias consiste na redução da vazão máxima, de um hidrograma de uma onda de cheia, que passa por um determinado reservatório. Dessa forma, os reservatórios são comumente utilizados para diminuir os impactos das cheias, reduzindo as vazões de pico. O local de implantação interfere no amortecimento, sendo que quanto menor o intervalo de tempo para a ocorrência da vazão de pico, menor a eficiência do amortecimento (CRUZ *et al.*, 2017).

No século XV, Alemanha, França e Rússia já construíram reservatórios para detenção de cheira. Os primeiros reservatórios de cheia no Brasil foram construídos em Belo Horizonte, em 1953 (NASCIMENTO *et al.*, 1997). Segundo Cicolani e Lima (2022) essa medida estrutural pode ter custo alto e deve ser avaliado junto a outros fatores, tais como os transtornos causados pela obra, interferências com benfeitorias existentes, impactos ambientais e viabilidade econômica.

De acordo com Souza (2014) o amortecimento de cheias em reservatórios constitui-se de um mecanismo simples. Ao transitar pelo reservatório, a onda de

cheia provinda de um canal fluvial tem parte de sua vazão afluente retirada em um espaço de reservatório, chamado volume de espera, destinado a armazenar esta parcela da onda de cheia. Desse modo, durante o preenchimento do volume de espera, a vazão efluente pode continuar menor do que a afluente, e o reservatório tem capacidade para amortecer cheias.

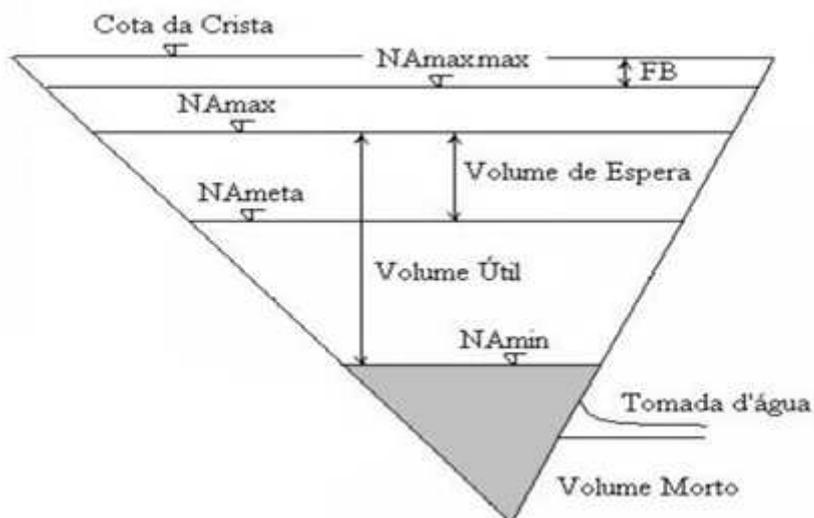
A World Meteorological Organization ressalta que para proporcionar o máximo de atenuação dos picos de cheias, é indispensável que o máximo possível de espaço de armazenamento esteja disponível na hora em que as cheias incidem sobre o reservatório.

Lopes e Santos (2022) descrevem os componentes de uma barragem de amortecimento como sendo:

- 1) Nível mínimo operacional: cota mínima para que o reservatório seja operado de modo adequado. Este nível divide o volume morto e o volume útil do reservatório e encontra-se sobre a estrutura de tomada d'água;
- 2) Volume morto: parte da capacidade total que não se presta à captação de água. Encontra-se abaixo do nível mínimo operacional;
- 3) Nível máximo operacional: cota máxima que é admitida para que o reservatório seja operado normalmente. Corresponde ao limite superior do volume útil;
- 4) Volume útil: é a parcela do volume total do reservatório limitada pelos níveis mínimo operacional e máximo operacional.
- 5) Volume de espera: é a parte do volume útil que se presta à atenuação dos picos de enchentes. Este volume varia de acordo com as precipitações intensas ao longo de todo o período hidrológico. Esta parcela do volume do reservatório define dois níveis: o máximo operacional e a meta do reservatório.
- 6) Nível máximo maximorum: é a máxima elevação do nível de água do reservatório, tomada a partir do nível máximo operacional, e destina-se à passagem das ondas de cheias.
- 7) Crista do barramento: é o limite superior da elevação adicional tomada a partir do nível máximo maximorum. Esta elevação tem como função impedir transbordamentos e a ultrapassagem da crista da barragem por ondas causadas por ventos.

A Figura 14 abaixo ilustra os componentes da barragem citados.

Figura 14: esquema de uma barragem de amortecimento.



Fonte: Lopes e Santos, 2022.

Avaliando a implementação de reservatórios de amortecimento no município de Lauro de Freita, na Bahia, a fim de minimizar os efeitos das frequentes enchentes na cidade, Silva et al. (2014) propuseram seis reservatórios de amortecimento, que seguem uma linha ao longo do rio que cruza a cidade. A eficiência dos dispositivos variaram entre 8,1% e 71,6%, demonstrando que era possível a adoção desse tipo de tecnologia.

O município de São Paulo utiliza barragens de amortecimento, que ajudam a reduzir os picos de cheias nos rios Tietê e Pinheiros. A cidade do México utiliza barragens e reservatórios para armazenar água e controlar inundações durante a estação chuvosa. Outras cidades ao redor do mundo - como Londres, Tóquio e Xangai -, também utilizam esse tipo de solução como ferramenta de amortecimento e redução de riscos.

Como vantagens das barragens de amortecimento, podem ser citadas: redução dos danos por inundação, controle do fluxo de água e previsibilidade. Já como desvantagens é possível pontuar: alto custo de construção e manutenção, risco de falhas estruturais e impactos ambientais.

7. CONCLUSÃO

Através das informações apresentadas neste trabalho é possível concluir que o município de Cataguases apresenta recorrente ocorrência de eventos extremos no período chuvoso, com destaque aos eventos extremos de inundação. Tais eventos têm maior incidência entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, compreendidos dentro do período chuvoso regional. A utilização de dados de vazão, nível do rio e precipitações são importantes ferramentas que facilitam a proposição de melhorias no ambiente urbano e prevenção de acidentes. A implementação de obras de engenharia como a barragem de amortecimento devem ser empregadas como forma de tornar a cidade mais resiliente e preparada para enfrentar desafios climáticos, garantindo mais qualidade de vida e segurança para seus habitantes.

8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Sidgley Camargo de. **Mining of rainfall patterns from social media for supporting flood risk management**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-29072020-092812/>.

ARAUJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; GOLDENFUM, 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.

AZEVEDO, GABRIELA. **Uso de pavimentos permeáveis na drenagem urbana**. 2018.

BRASILa. Portal HidroWeb. 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>.

BRASILb. Plataforma SACE. 2023. Disponível em: cprm.gov.br/sace.

BRASILc. SAR - SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DE RESERVATÓRIOS. 2023. Disponível em: www.ana.gov.br/sar.

BRASILd. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). 2023. Disponível em: www.s2id.mi.gov.br/paginas/sobre.xhtml.

BRASILE. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. **A P&DC e os 30 anos de desastres no Brasil (1991 – 2020)**. Florianópolis; Cepesi, 2022.

CARVALHO, Cátia Filipa Galinho. **Estudo de pavimentos permeáveis em zonas urbanas: Avaliação da sua eficiência na redução do escoamento superficial**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior (Portugal).

CARVALHO. J. C, JUNIOR . G.F.N.G.; CARVALHO.E.T.L. **Tópicos sobre infiltração: teoria e prática aplicadas a solos tropicais /, organizadores**. – Brasília : Faculdade de Tecnologia, 2012. 644 p.

CEPED UFSC - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991 a 2012). 2013. Florianópolis.

CICOLANI, Matheus Dreher; DE LIMA REDA, André Luiz. **AMORTECIMENTO NUMÉRICO DE ENCHENTE EM RESERVATÓRIO EMPREGANDO VBA EM PLANILHA DE CÁLCULO–ESTUDO DE CASO**. Brasília, 2022.

COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Cataguases. Plano de Contingência de Cataguases, 2009. Disponível em: <planodecontingenciacataguases.com>.

COMPÉ - Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros dos Rios Pomba e Muriaé. Detalhamento das funções do Comitê e da Bacia. Disponível em: <www.compe.org.br/ocomite.php>.

CRUZ, C. C.B.; PAES, R. P.; SILVA, W. T. P; BEREGULA, R. L.; PEREIRA, K. B.. A. **Amortecimento de cheias em reservatório de PCH por meio do método Puls utilizando o VBA**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis, SC. 2017.

DE SOUSA, Carinna Soares; REIS, Almir Francisco. Urbanidade, tecido urbano e cursos d'água: um estudo em Goiânia e Florianópolis| Urbanity, urban fabric and water streams: a study in Goiânia and Florianópolis (Brazil). **Oculum Ensaios**, v. 17, p. 1-22, 2020.

FARIA FERREIRA, Natália Cássia et al. O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. **Biodiversidade**, v. 18, n. 3, 2019.

FARIAS, Ariadne; MENDONÇA, Francisco. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, p. e63717, 2022.

FEITOSA, Francisco Fábio de Sousa. **Avaliação do uso de trincheiras de infiltração para atenuação de picos de cheia utilizando o SWMM**. 2015.

FERREIRA, Sheila Ribeiro; CHAVES FILHO, Jales Teixeira. PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA ÀS MARGENS DO RIO MEIA PONTE

NO MUNICÍPIO DE MORRINHOS/GOIÁS. **Anais do Simpósio Interdisciplinar em Ambiente e Sociedade (SIAS)**, v. 1, n. 1, 2017.

FONSECA, Murilo Noli; GARCIAS, Carlos Mello. **Os desafios da comunicação na redução do risco de inundação**. 2021.

FRANÇA, B. T.; RIBEIRO, CB de M. Modelagem hidrológica e hidráulica para mapeamento de áreas de risco de inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Pomba. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003.

FRELLO, Alberto dos Santos et al. **Avaliação quantitativa de uma vala de infiltração como técnica compensatória em drenagem urbana**. 2017.

G1 (18 de dezembro de 2008). “Enchentes nos deixou ilhados em Cataguases”. <g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL928229-8491,00-ENCHENTE+NOS+DEIXOU+ILHA+DOS+EM+CATAGUASES.html>.

G1 Zona da Mata (10 de janeiro de 2023). **Muriaé e Cataguases têm quase 3 mil desabrigados e desalojados devido às chuvas**. Disponível em: <g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2023/01/10/muriae-e-cataguases-tem-quas-e-3-mil-desabrigados-e-desalojados-devido-as-chuvas.ghtml>.

G1 Zona da Mata (5 de março de 2020). Prefeitura instala gabinete de crise após fortes chuvas em Cataguases. Disponível em: <g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2020/03/05/prefeitura-instala-gabinete-de-crise-apos-fortes-chuvas-em-cataguases.ghtml>.

GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia. **A cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos**. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia, n. 27, 2016.

MALLMANN, Adriane Avelhaneda; DE MELLO FILHO, José Américo. Áreas de risco de inundação na área urbana de Porto Xavier, RS. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6099-6106, 2021.

MAPBIOMAS. Coleções Mapbiomas - Município Cataguases (MG). 2021. Disponível em: <plataforma.brasil.mapbiomas.org>.

MARINHO, Simone Danielle Aciole Moraes; GALVÃO, Carlos de Oliveira; MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. A cidade sensível à água sob a perspectiva do metabolismo urbano e da análise da produção do espaço. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, p. 727-737, 2020.

MELLO, Fernanda Barbosa Gomes. Comparativo de custos de implantação de pavimento convencional e pavimento permeável. 2022.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de et al. **Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas**. Ambiente Construído, v. 16, p. 53-72, 2016.

MENDONÇA, Amanda Trotta. **Eventos pluviais intensos e seus impactos: um estudo de caso sobre o município de Cataguases - MG. Viçosa**, 2022.

MIRANDA, Nívea Morena Gonçalves et al. **Simulação de fluxo na zona não saturada em valas de infiltração urbana**. 2019.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de saúde pública**, v. 36, p. 370-374, 2002.

MURARO, Luis Eduardo de Oliveira; PEREIRA, Sueli Yoshinaga; PEREIRA, Paulo Ricardo Brum. **Características morfológicas da planície de inundação do rio Atibaia, entre Campinas e Jaguariúna, SP, Brasil**. Terrae didatica, v. 15, p. e019029-e019029, 2019.

NASCIMENTO, CE de S. et al. A importância das Matas ciliares do rio São Francisco. 2003.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B.; PINHEIRO, M. C.; CHAMPS, J. R. B.; SOUZA, V. C. B (1997). “**Estudo de caso de uma bacia de detenção em meio urbano – O caso do reservatório Santa Lúcia**” in Anais do XII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, Vitória-ES, 1997. pp. 1-9.

NOLETO, Railana Gomes; RODRIGUES, Camila Ribeiro. Análise crítica das técnicas compensatórias de drenagem urbana: uma revisão bibliográfica. **Semana Acadêmica**, v. 12, 2024.

PINTO, L. L. C. A. **O Desempenho de Pavimentos Permeáveis como Medida Mitigadora da Impermeabilização do Solo Urbano**. 2011. 255 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves; MARTINS, José Rodolfo Scarati; PORTO, Rubem La Laina. O desempenho de pavimentos permeáveis. **Anais**, 2011.

QUEIROZ, Manuella Queiroz Lima et al. **Análise do uso da trincheira de infiltração como técnica compensatória de drenagem em Feira de Santana**. *Sitientibus*, v. 1, n. 64, 2023.

ROQUE, Leandro Antônio et al. **ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS EM CATAGUASES (MG), BRASIL**.

SANTOS, Elis C. M. **O papel da comunidade para a construção de cidades resilientes: O caso do jardim de chuva do largo das Araucárias, Pinheiros (SP)**. *Revista LABVERDE*. FAUUSP. São Paulo, v. 10, n. 01, e171431, 2020.

SARAIVA, M. DA G. A. N. Os rios e as cidades. *Povos e Culturas*, v. 2, p. 481-510, 1 jan. 1987.

SILVA ARAUJO, Ana Carolina; DE ANDRADE, Marcel Pereira; DE MELO RIBEIRO, Celso Bandeira. **APLICAÇÃO DO MÉTODO DE PULS NO AMORTECIMENTO DE CHEIAS–CARANGOLA (MG)**. Brasília, 2022.

SOUZA, Danilo Nogueira de. **Análise do processo de amortecimento de cheias em reservatórios: parâmetros intervenientes e proposta de método de estimativa**. 2014.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana** Distrito Federal: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf