

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Agrícola e Ambiental

**ENCHENTES E INUNDAÇÕES EM MONTES CLAROS-MG: UMA
AVALIAÇÃO DOS EVENTOS OCORRIDOS ENTRE 2018-2023 E
ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO**

Maria Tereza Mendes Soares

Montes Claros – MG
2024

Maria Tereza Mendes Soares

**ENCHENTES E INUNDAÇÕES EM MONTES CLAROS-MG: UMA
AVALIAÇÃO DOS EVENTOS OCORRIDOS ENTRE 2018-2023 E
ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado,
ao curso de Engenharia Agrícola e Ambiental,
da Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Agrícola e
Ambiental.

Orientador: Dr. Rodolpho Cesar dos Reis
Tinini

Montes Claros
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICA - COLEGIADO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA/TCC

Aos 26 dias do mês de agosto de 2024, às 14h00min, o/a estudante Maria Tereza Mendes Soares, matrícula 2019068715, defendeu o Trabalho intitulado "Enchentes e inundações em Montes Claros-MG: uma avaliação dos eventos ocorridos entre 2018-2023 e estratégias de mitigação." tendo obtido a média 84,75 (Oitenta e quatro vírgula setenta e cinco pontos).

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 89 (Oitenta e nove)

Orientador(a): Rodolpho César dos Reis Tinini

Nota: 85 (Oitenta e cinco)

Examinador(a): Carolina Freitas Schettino

Nota: 80 (Oitenta)

Examinador(a): Flávio Gonçalves Oliveira

Nota: 85 (Oitenta e Cinco)

Examinador(a): Julia Ferreira da Silva



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Goncalves Oliveira, Professor Ensino Básico Técnico Tecnológico**, em 27/08/2024, às 12:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julia Ferreira da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 27/08/2024, às 12:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Freitas Schettino, Usuário Externo**, em 27/08/2024, às 16:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodolpho Cesar dos Reis Tinini, Professor do Magistério Superior**, em 29/08/2024, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3493617 e o código CRC E89BF37A.

INSTRUÇÕES

Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.

Referência: Processo nº 23072.247894/2024-37

SEI nº 3493617

Dedico este trabalho aos meus pais que sob
muito sol, me fizeram chegar até aqui, na
sombra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me concedeu serenidade e força para trilhar este caminho e concluir este trabalho.

Agradeço à minha mãe, Maria de Lourdes, por ser minha inspiração, por acreditar em mim quando eu duvidava e por ser um exemplo de força e determinação. Ao meu pai, Gilvan (*in memoriam*), que era meu fã número um, seu apoio incansável e amor incondicional ressoam nesta realização; sua partida foi impiedosa e a saudade é inestimável, mas sinto sua presença a cada passo. Agradeço por serem minha base, por tantos ensinamentos. Esta conquista foi por vocês.

À minha irmã, Maria Clara, por sempre me incentivar e acreditar em mim, lembrando-me de nunca desistir dos meus sonhos.

Aos meus tios, especialmente à Delva, Valdionor, Elza, Salomé e Cleusa, a fé de vocês em mim foi o combustível para a realização desse sonho.

À minha vó, Tereza (*in memoriam*), pelas suas orações e por cuidar de mim com tanto zelo e amor.

Ao Guilherme, meu namorado, por ter chegado em uma época da minha vida em que seu amor foi essencial, pelo companheirismo de sempre e por celebrar cada conquista minha como se fosse sua.

Aos meus amigos, Bruna, Cleiton, Ramon, Guilherme, Jackson, Carol e João, por toda cumplicidade durante as dificuldades enfrentadas nas disciplinas, tornando esta trajetória mais leve e divertida. Vocês fazem parte da profissional que me tornei e levarei seus ensinamentos por toda a vida.

E à minha amiga Sarah, por ter me ajudado com aqueles milhares de documentos a serem entregues até a data da matrícula; obrigada pelo apoio de sempre.

E, em especial, à minha dupla e amiga Giovana, por se fazer presente em cada fase, boas ou ruins, em cada surto, prova, trabalhos e por longas horas de estudos sem fim desde o começo. Sua amizade foi imprescindível nessa minha trajetória.

Finalmente, agradeço à UFMG e aos meus professores por todo o ensinamento ao longo desses anos, em especial meu orientador, Dr. Rodolpho Cesar, pela orientação, suporte, e incentivo ao longo de todo o processo. Sua orientação foi fundamental para o

desenvolvimento deste estudo. Muito obrigada a todos que contribuíram para essa importante etapa da minha vida. Um novo ciclo se inicia.

"Temos nosso próprio tempo." (LEGIÃO URBANA)

RESUMO

Este estudo aborda os impactos de enchentes e inundações em Montes Claros-MG, com ênfase na correlação entre volumes de chuva e áreas afetadas. Abrangendo o período de 2018 a 2023, a pesquisa utiliza análise espacial no QGIS para mapear regiões de risco e avaliar a distribuição dos eventos ao longo dos anos. Também são realizadas análises estatísticas para explorar a relação entre volume de chuva e frequência de emergências relacionadas a enchentes, categorizadas por serviços essenciais e localização geográfica. O trabalho identifica a necessidade de melhorias no planejamento urbano, drenagem e saneamento, propondo a adoção de sistemas de drenagem mais eficientes e políticas públicas voltadas para a conscientização sobre os riscos de enchentes. Além disso, recomenda-se o monitoramento contínuo das condições das chuvas e das galerias pluviais para minimizar emergências e danos. O objetivo é fornecer subsídios técnicos e científicos para estratégias de prevenção e controle aplicáveis a outras cidades com características semelhantes.

Palavras-chave: Drenagem urbana, Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Urbanização, Precipitação.

ABSTRACT

This study examines the impacts of floods and inundations in Montes Claros-MG, focusing on the correlation between rainfall volumes and affected areas. Covering the period from 2018 to 2023, the research utilizes spatial analysis in QGIS to map risk regions and evaluate the distribution of these events over the years. Statistical analyses are also conducted to explore the relationship between rainfall volume and the frequency of flood-related emergencies, categorized by essential services and geographical location. The study identifies the need for improvements in urban planning, drainage, and sanitation, proposing the adoption of more efficient drainage systems and public policies aimed at raising awareness about flood risks. Additionally, continuous monitoring of rainfall conditions and stormwater drainage systems is recommended to minimize emergencies and damages. The objective is to provide technical and scientific support for prevention and control strategies applicable to other cities with similar characteristics.

Keywords: Urban drainage, Environment, Water resources, Urbanization, Precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 : Mapa de localização de Montes Claros/MG.....	22
Figura 2: Mapas de chamados de ocorrências de enchentes, de 2018 a 2023 no perímetro urbano da cidade de Montes Claros/MG.....	28
Figura 3: Imagem do Córrego do Bichano - Av. Vicente Guimaraes em 2018.....	29
Figura 4: Imagem do Rio Vieira - Av. Sidney Chaves em 2018	29
Figura 5: Imagem do Córrego do Cintra- Ponte da Av. Minas Gerais Alto Floresta em 2018.....	30
Figura 6: Imagem do Córrego das Melancias - Av. Antônio Lafeta Rabelo em 2018.....	30
Figura 7 : Mapa de altitude, drenagem e pontos de drenagem Montes Claros.....	31
Figura 8 : Mapa de risco de inundações Montes Claros/MG.....	33
Quadro 1: Divisão da drenagem urbana.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Variação mensal da precipitação e a classificação correspondente.....	25
Tabela 2 : Chamados distribuídos por bairros e suas classificações.....	26
Tabela 3 : Médias Anuais de Chamados por Inundações e Precipitação em Montes Claros/MG (2018-2023).....	32

LISTA DE ABREVEATURA E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CBMMG	Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
FSE	Falta de Serviços Essenciais
GDR	Gestão de Riscos de Desastres
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
LG	Localização Geográfica Inadequada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Clima e Mudanças Climáticas	14
2.2 Urbanização e seus efeitos	15
2.3 Desastres por causas naturais.....	16
2.4 Enchentes e inundações	18
2.5 Drenagem urbana.....	20
3. METODOLOGIA	22
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	22
3.2 Aquisição e organização dos dados	22
3.3 Análises de dados.....	23
3.4 Análises estatísticas	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Medidas mitigatórias.....	33
5. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O clima local influencia diretamente as nossas vidas, moldando atividades diárias, economia e bem-estar das comunidades. As variações climáticas afetam profundamente a agricultura, a disponibilidade de água, a saúde pública e a infraestrutura urbana. Quando esses padrões climáticos mudam, seja por causas naturais ou provocadas pelo homem, isso pode trazer grandes impactos ao equilíbrio ambiental. Essas mudanças afetam a biodiversidade, os ecossistemas naturais e, em última análise, a qualidade de vida de todos nós (Camargo *et al.*, 2011).

Desastres naturais são definidos como eventos extremos de natureza meteorológica ou climática que ocorrem de forma rara em um determinado local e período do ano (Pereira *et al.*, 2021). Esses fenômenos, como secas prolongadas, chuvas intensas, inundações e tempestades, causam não apenas perdas materiais e econômicas, mas também perdas humanas, deixando milhares de desabrigados a cada ano (Licco; Seo, 2013). O conceito de desastres naturais tem sido amplamente discutido em diversas áreas de pesquisa, com esforços voltados para padronizar definições que atendam aos critérios internacionais e sejam aceitas pela comunidade científica (Marcelino, 2007).

Enchentes e inundações são desastres naturais que afetam comunidades globalmente, tanto em áreas rurais quanto urbanas. Esses eventos ocorrem quando o excesso de água se acumula em uma área específica, geralmente devido a fortes chuvas, aumento do nível do mar ou falhas no sistema de drenagem. As consequências podem ser devastadoras, causando danos materiais, interrupção de serviços essenciais e deslocamento de populações inteiras. Além disso, podem resultar em perda de vidas e problemas de saúde pública, como a disseminação de doenças transmitidas pela água (Brasil, 2007).

No Brasil, o aumento anual de enchentes e inundações, especialmente durante períodos de chuvas intensas, é resultado de uma combinação de fatores, como a urbanização desordenada, a construção em áreas de risco e a lixiviação do solo. Esse cenário foi intensificado pela urbanização acelerada após os anos sessenta, que levou à ocupação informal de áreas vulneráveis pela população menos favorecida, exposta a grandes perigos de enchentes, inundações e deslizamentos, agravados pela infraestrutura precária e falta de planejamento adequado (Asher, 2010; ANA, 2023).

As enchentes, intensificadas pelo crescimento das áreas urbanas, têm se tornado um problema crescente em Montes Claros-MG. Este trabalho visa entender a ocorrência de enchentes na cidade ao longo de cinco anos, identificando as áreas mais afetadas e os

impactos críticos. A análise das áreas de risco é fundamental para elaborar medidas preventivas que mitiguem os impactos das enchentes e inundações durante períodos de alta pluviometria.

O objetivo geral deste estudo é correlacionar os eventos de enchentes e inundações em Montes Claros-MG com as localidades afetadas e os volumes de chuva de 2018 a 2023, identificando áreas de risco e propondo medidas de mitigação. Os objetivos específicos incluem mapear os chamados do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) de 2018 a 2023, analisar datas e volumes de chuva em função das regiões, gerar um mapa de risco com base no número de chamados por ano e volume de chuvas, identificar as regiões mais suscetíveis a enchentes e inundações e sugerir medidas de controle e segurança para mitigar os efeitos sobre a população.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Clima e Mudanças Climáticas

No campo das ciências agrárias e ambientais, a análise climática e meteorológica é fundamental, uma vez que as características climáticas e as condições meteorológicas desempenham papel crucial na distribuição dos organismos vivos. A investigação nessas áreas é dividida em duas vertentes principais: meteorologia e climatologia.

A meteorologia foca no estudo do estado físico, dinâmico e químico da atmosfera e suas interações com a superfície terrestre, analisando as condições atmosféricas em escalas temporais curtas. Em contraste, a climatologia se dedica à investigação científica do clima, examinando as condições atmosféricas médias ao longo de períodos prolongados e suas implicações para padrões climáticos e ambientais (Varejão, 2006).

A definição de clima por Nimer (1989) é apresentada como o comportamento médio das variáveis atmosféricas, incluindo pressão atmosférica, temperatura, umidade, ventos e precipitação em uma determinada região ao longo de um período relativamente longo, geralmente 30 anos. Cavalcanti (2016) complementa essa definição afirmando que o clima é determinado pela média das condições do tempo ao longo de décadas, e que o clima da Terra é influenciado pelos fluidos ar e água, que possuem dinâmicas próprias e interagem entre si, com a terra sólida e com os ecossistemas, sejam naturais ou não.

Os fatores climáticos e geográficos são fundamentais para a compreensão das condições atmosféricas de uma região. Fatores climáticos como a pressão atmosférica, a temperatura, os ventos, as correntes marítimas e a precipitação desempenham papéis importantes na definição do clima.

A precipitação, que pode ocorrer em diferentes formas líquidas ou sólidas como chuva, granizo e neve é o resultado da deposição de água da atmosfera. Focalizando em chuvas, elas resultam de uma série de eventos com escalas de tempo e espaço variadas, e suas causas podem envolver uma combinação de fatores locais e remotos. Além disso, a precipitação em uma região pode impactar o clima em outras áreas, tornando o regime de chuvas de um local um dos principais fatores na determinação do clima local (Cavalcanti, 2016)

Por outro lado, os fatores geográficos, como relevo, hidrografia, latitude, longitude, vegetação, solo, proximidade de corpos d'água, altitude e urbanização, são fundamentais na modulação dos fatores climáticos. A latitude afeta a radiação solar e, conseqüentemente, a

temperatura e a distribuição climática (Trindade, 2018). O relevo pode influenciar a circulação do ar e a precipitação, enquanto a hidrografia modera temperaturas e umidade. A vegetação, por sua vez, regula a insolação direta, reduz as temperaturas médias, mantém a umidade do solo e favorece a precipitação, com os tipos de flora sendo essenciais para essas funções (Petersen *et al.*, 2014)

Além dos fatores naturais, a urbanização tem uma influência significativa no clima local. A transformação do ambiente natural em áreas construídas, com a presença de asfalto e concreto, aumenta a absorção térmica, impermeabiliza o solo e altera a circulação dos ventos, além de intensificar a poluição atmosférica (Lima, 2022). O planejamento urbano inadequado agrava a poluição do ar e o aumento das temperaturas, enquanto mudanças nos padrões de uso da terra intensificam a concentração de poluentes nas áreas centrais.

Portanto, a interação entre fatores climáticos e geográficos é importante para entender o clima de uma região. Enquanto os fatores climáticos definem as condições atmosféricas, os fatores geográficos moldam e regulam essas condições, refletindo a complexa relação entre o ambiente físico e as condições climáticas observadas.

2.2 Urbanização e seus efeitos

O processo de urbanização no Brasil, iniciado no século XX com o êxodo rural, transformou o país de um ambiente agrícola para um urbano, concentrando a população nas grandes cidades. Esse crescimento desordenado causou desequilíbrio ambiental e impactou negativamente a qualidade de vida, especialmente nas regiões metropolitanas (Ribeiro; Câmara, 2022). A falta de políticas públicas adequadas e uma cultura de risco, combinadas com incentivos para a ocupação de áreas vulneráveis, agravou os problemas ambientais e resultou em diversas tragédias socioecológicas ao longo dos últimos dois séculos (Costa, 2019).

No Brasil, a urbanização acelerada desde a década de 1960 tem sido um fator chave para a ocorrência de desastres naturais, resultando em adensamento precário, falta de planejamento adequado e deficiência na infraestrutura e serviços públicos (IBGE, 2010).

Esse cenário levou à formação de vastas periferias de baixa renda, onde os moradores buscaram refúgio em áreas de alto risco, em áreas inaptas para ocupação, como encostas íngremes, planícies fluviais e margens de córregos, sendo essas áreas predominantemente habitadas por populações de baixa renda, agravando os impactos de eventos naturais nessas regiões (Ribeiro; Câmara, 2022).

O crescimento urbano nas cidades brasileiras tem causado impactos significativos na população e no meio ambiente, deteriorando a qualidade de vida devido ao aumento e à intensidade das inundações, que prejudicam a qualidade da água e aumentam a presença de materiais sólidos no escoamento pluvial (Teixeira; Araújo, 2023). Esses problemas são principalmente desencadeados pela falta de planejamento urbano, controle inadequado do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem insuficientes (Tucci, 2016).

O crescimento acelerado da população urbana aumenta o consumo de recursos naturais e agrava os problemas ambientais devido à concentração de pessoas e atividades em áreas limitadas, gerando impactos degradantes e duradouros. Embora a agricultura, pecuária, mineração e geração de energia também causem impactos significativos, a urbanização é especialmente relevante por seus efeitos que se expandem além dos limites urbanos. A urbanização intensifica os impactos ambientais através do consumo elevado e da produção de resíduos, exigindo mais recursos naturais. Regiões urbanizadas são grandes consumidoras de recursos, e nas últimas décadas, áreas mais pobres têm enfrentado uma urbanização desigual, caracterizada por altos níveis de pobreza e infraestrutura precária (Jatobá, 2011). Resumir – parágrafo muito grande

A urbanização descontrolada agrava desastres ambientais ao transformar áreas naturais em espaços construídos, contribuindo para o aumento da impermeabilização do solo e reduz a absorção de água, elevando o risco de enchentes e inundações. A concentração de edificações altera os padrões de drenagem e intensifica os impactos de eventos climáticos extremos. A falta de planejamento e a ocupação de áreas de risco pioram esses problemas, aumentando a vulnerabilidade das comunidades aos desastres ambientais (Araújo, 2023; Tucci, 2016).

2.3 Desastres ambientais por causas naturais

Um evento meteorológico extremo é definido como um fenômeno raro para um determinado local e época do ano, frequentemente localizado nos percentis 10 ou 90 de uma função de probabilidade. Quando essas condições extremas persistem por um período prolongado, como uma estação, e resultam em totais ou médias extremas, como secas prolongadas ou chuvas intensas, são classificados como eventos climáticos extremos (IPCC, 2018). Esses eventos extremos estão associados a alterações nos padrões atmosféricos e podem causar danos significativos, tanto materiais quanto imateriais (Silva Dias, 2014).

Os desastres resultam da interação entre um grande evento adverso e um ambiente vulnerável. A fragilidade desse ambiente pode estar relacionada a fatores como planejamento

urbano inadequado, construções precárias, falta de infraestrutura de proteção e ações humanas insuficientes. Portanto, além da ocorrência de eventos adversos, é essencial considerar a vulnerabilidade das áreas e comunidades afetadas. Reduzir a fragilidade e fortalecer a resiliência comunitária são aspectos fundamentais na gestão de desastres e na minimização de seus impactos (Brasil, 2012).

No Brasil, desastres naturais climáticos, como inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos de encostas, representam um grande desafio para o planejamento e a gestão urbana, especialmente durante o período chuvoso. Esses eventos, frequentemente causados por condições climáticas adversas, expõem a população a riscos que podem resultar em danos econômicos, sociais e ambientais significativos. Durante períodos secos, o risco de estiagem, secas hídricas e incêndios também aumentam. Classificados como geofísicos, meteorológicos ou hidrológicos, esses desastres têm impactos profundos e variados sobre a sociedade e o meio ambiente (Bustamante, 2022; IPCC, 2012).

Os desastres naturais têm afetado comunidades globalmente e, no Brasil, a implementação de políticas públicas eficazes enfrenta numerosos desafios. O aumento anual desses eventos destaca a necessidade de pesquisas históricas e acadêmicas para mitigar seus impactos (Kobiyama *et al.*, 2006). Nesse contexto, o estudo de Margulis *et al.*, (2019) avalia os impactos econômicos das mudanças climáticas sobre infraestruturas críticas no Brasil, como barragens, sistemas de abastecimento de água, instalações de geração hidrelétrica e redes de energia elétrica. A pesquisa revelou que eventos climáticos extremos estão causando danos significativos a essas infraestruturas, sublinhando a necessidade urgente de estratégias de preparação e mitigação.

As mudanças climáticas tendem a agravar ainda mais as ameaças hidrometeorológicas, aumentando a frequência e a intensidade dos eventos extremos. A degradação dos ecossistemas também reforça a importância de proteger as infraestruturas críticas, essenciais para a segurança, economia e saúde pública, pois sua conservação pode minimizar os impactos da mudança climática. A intensificação de eventos como inundações, tempestades e incêndios, aliada à exposição de áreas costeiras a condições climáticas extremas, aumenta a complexidade do ambiente de risco para infraestruturas críticas e acentua a vulnerabilidade das comunidades que dependem desses serviços essenciais. Assim, uma abordagem integrada que valorize a natureza e promova a resiliência é crucial para mitigar esses riscos e proteger a infraestrutura vital (Bustamante, 2022).

Os princípios fundamentais do gerenciamento de riscos e desastres (GRD) devem incluir: (i) aumentar a resiliência da sociedade frente a fenômenos naturais severos; (ii)

melhorar a saúde e o bem-estar da população; e (iii) compreender os processos que desencadeiam tais fenômenos. Para investigar os mecanismos dos perigos naturais, é necessário integrar disciplinas como hidrologia, geomorfologia, geologia, meteorologia, climatologia e sismologia (Kobiyama; Monteiro; Goerl, 2018).

A análise das ocorrências de desastres naturais revela que os desastres hidrológicos são predominantes tanto globalmente quanto no Brasil (Junior; Chaves, 2021). Em desastres naturais como furacões, terremotos e inundações, a água potável é uma necessidade fundamental para as populações afetadas. A gestão de riscos de desastres (GRD) deve priorizar o saneamento de emergência e o gerenciamento dos recursos hídricos, baseando-se na hidrologia. A dinâmica da água é a principal causa ambiental de desastres naturais no Brasil, exigindo uma gestão integrada dos desastres, dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas (Kobiyama; Monteiro; Goerl, 2018).

2.4 Enchentes e inundações

A ausência de planejamento urbano na maioria das cidades brasileiras resulta em diversos problemas para os residentes, em razão dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Entre esses problemas, destacam-se as enchentes urbanas, que podem levar ao desalojamento de milhares de pessoas, ocasionar graves prejuízos econômicos e disseminar doenças de veiculação hídrica, como leptospirose e malária. Além disso, a emissão e o transporte de poluentes difusos podem comprometer a qualidade dos corpos d'água. Citação?

As enchentes e inundações configuram-se como alguns dos principais desastres naturais que afetam comunidades globalmente, provocando danos significativos à propriedade, à infraestrutura e à vida humana (Brasil, 2007). As inundações urbanas são amplamente reconhecidas como uma das grandes calamidades enfrentadas pela população brasileira, conforme Tucci *et al.*, (2001). Em áreas urbanizadas, a redução da infiltração de água no solo diminui o nível do lençol freático e altera as vazões dos córregos, como aponta Silva (1998).

Em contraste, nas bacias hidrográficas rurais, a vegetação retém o fluxo d'água, promovendo infiltração gradual e resultando em enchentes moderadas (Tucci *et al.*, 1995). As várzeas, que são áreas planas adjacentes a rios, atuam como reservatórios temporários durante as cheias, ajudando a diminuir a intensidade das inundações. No entanto, a ocupação humana e a modificação dos cursos d'água podem intensificar o risco de inundações e perturbar a dinâmica natural dessas áreas (Kobiyama *et al.*, 2006).

O escoamento pluvial, que corresponde ao fluxo de água da chuva, é uma das principais causas de inundações em áreas urbanas. Esse problema é intensificado por dois fatores inter-relacionados: as inundações ao longo dos rios e a urbanização acelerada nas margens periféricas. O desenvolvimento urbano, caracterizado pelo aumento da impermeabilização do solo devido à construção de edificações, estradas e calçadas, reduz a capacidade de absorção e infiltração da água pelo solo, resultando em maior escoamento superficial e, conseqüentemente, em um fluxo rápido de águas pluviais para o sistema de drenagem (Silva, 2007).

A Defesa Civil classifica as inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas) (Castro, 2003).

Assim, tanto as inundações nas áreas ribeirinhas quanto os efeitos da urbanização desempenham papéis significativos nas inundações urbanas, podendo ocorrer de forma simultânea ou isolada, conforme as condições locais e as características do ambiente urbano. Portanto, é essencial implementar medidas eficazes de gerenciamento de águas pluviais, incluindo sistemas de drenagem apropriados, controle do uso do solo e planejamento urbano sustentável, para mitigar os impactos das inundações nas áreas urbanas (Silva, 2007).

Enchentes e inundações são desastres naturais que afetam comunidades em todo o mundo, tanto em áreas rurais quanto urbanas. Esses eventos ocorrem quando o excesso de água se acumula em uma determinada área, geralmente como resultado de fortes chuvas, aumento do nível do mar ou falhas no sistema de drenagem (Brasil, 2007).

Esse fenômeno é intensificado pela impermeabilização do solo, causada pela pavimentação e construção nas áreas urbanas, que impede a adequada absorção da água da chuva e aumenta o escoamento superficial. Além disso, mudanças no ciclo hidrológico, como o desmatamento contínuo, impactam a vazão dos rios e elevam o risco de transbordamento. A combinação desses fatores amplifica o risco de inundações, destacando a necessidade urgente de implementar medidas de manejo urbano que integrem planejamento ambiental e infraestrutura de drenagem eficiente (Pompêo, 2000).

Formentini (2024) reforça que a impermeabilização do solo intensifica o escoamento superficial e sobrecarrega os sistemas de drenagem urbana, que muitas vezes não são adequados para o volume de água das áreas pavimentadas. Com a infiltração reduzida, a água é rapidamente direcionada para redes de drenagem, muitas vezes insuficientes ou mal

mantidas, resultando em alagamentos frequentes e inundações evitáveis com um planejamento urbano e de drenagem mais eficiente.

2.5 Drenagem urbana

As enchentes urbanas são um problema recorrente no Brasil, causadas principalmente por falhas na gestão de drenagem e da concepção equivocada nos projetos de engenharia. Essa concepção de que uma boa drenagem é aquela que escoar rapidamente a água precipitada sobre a área de intervenção têm gerado custos extremamente elevados para a sociedade como um todo.

A drenagem mais eficaz é aquela que gerencia o escoamento sem causar impactos adversos na área local e a jusante (Tucci, 1995). Desde a década de 1960, os métodos tradicionais de drenagem urbana, que visavam remover rapidamente a água por grandes sistemas de esgoto e alterações nos cursos d'água, como retificação de rios e impermeabilização de superfícies, têm sobrecarregado os sistemas de drenagem e aumentado o risco de inundações (Pompêo, 2000).

A drenagem urbana busca promover a redução dos riscos de inundações englobando um conjunto de medidas e ações que visam minimizá-los em áreas urbanas e promover um desenvolvimento urbano mais harmonioso, coerente e sustentável. O principal objetivo é gerenciar adequadamente o escoamento de águas pluviais em áreas urbanas para evitar problemas causados pelo excesso de água e inundações. Isso é alcançado por meio de uma combinação de tecnologia e infraestrutura que coleta, conduz, armazena, trata e descarta adequadamente as águas pluviais (Santa Catarina, 2016).

No planejamento consistente das ações de melhoria e controle do sistema de drenagem urbana, é essencial considerar uma combinação adequada de recursos humanos e materiais. O sistema de drenagem é um componente essencial das melhorias públicas em áreas urbanas, ao lado de redes de água, esgotos sanitários, cabos elétricos e telefônicos, iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques e áreas de lazer. Diferente de outros melhoramentos, o sistema de drenagem tem a particularidade de que o escoamento das águas das chuvas sempre ocorrerá, independentemente da existência de um sistema adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores (Teixeira; Araújo, 2023)

As ações de melhoria e controle do sistema de drenagem urbana estão divididas entre medidas estruturais e não estruturais. Medidas estruturais referem-se à construção de

infraestrutura física, como canais, barragens, reservatórios e sistemas de drenagem para gerenciar o escoamento de águas pluviais. Por outro lado, as medidas não estruturais incluem ações como a adoção de políticas de gestão de águas pluviais, regulamentos de controle de uso do solo, educação e conscientização pública sobre a importância de uma drenagem adequada (Canholi, 2005).

Essas medidas servem para promover um meio de melhorias e uma gestão de drenagem urbana eficaz, contribuindo para a redução dos impactos negativos associados ao escoamento inadequado das águas pluviais. No Quadro 1 é mostrada a divisão da drenagem urbana em três fases (Teixeira; Araújo, 2023).

Quadro 1: Fases da divisão da drenagem urbana

Etapa	Característica
Higienista	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação sistemática das águas paradas ou empoçadas nas cidades assim como dos dejetos domésticos jogados nas vias públicas; • Surge o conceito de evacuação rápida para longe, por meio de canalização subterrânea.
Racionalista	<ul style="list-style-type: none"> • Racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos; • Surgimento do método racional.
Científica e Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização dos métodos computacionais e do avanço técnico científico; • Separação das águas de chuva e do esgoto unitário; • Nova visão ambiental (incorporação dos cursos d'água a paisagem urbana) • Despoluição e preservação dos corpos hídricos

Fonte: Adaptado de Teixeira; Araújo (2023)

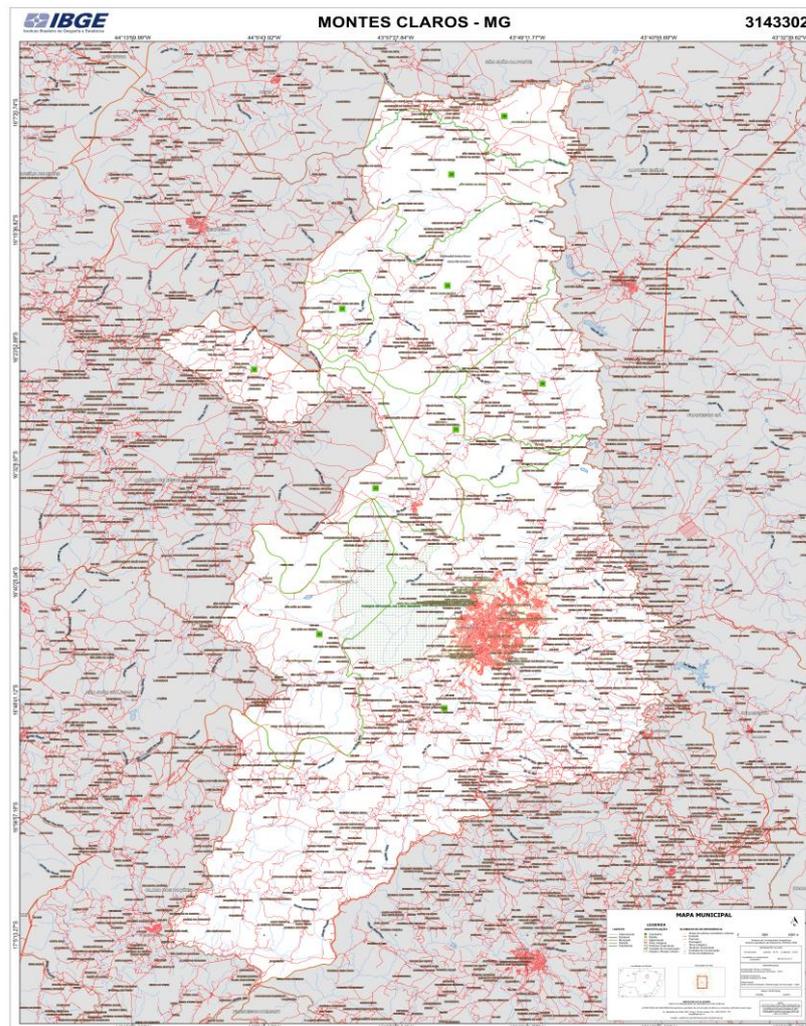
O estudo, aliado à análise dos dados obtidos pelos órgãos competentes, pode ser fundamental para prevenir e compreender os problemas decorrentes do desenvolvimento urbano desordenado. Essas informações são essenciais para a formulação de políticas públicas eficazes, tanto na prevenção de desastres quanto na implementação de sistemas de drenagem urbanas mais eficientes. A integração desses dados com um planejamento urbano consciente permite o desenvolvimento de soluções que mitiguem os impactos das inundações e garantam a sustentabilidade das cidades.

3. METODOLOGIA

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A região de estudo é a cidade de Montes Claros, município brasileiro situado no norte do estado de Minas Gerais, localizado a cerca de 422 km da capital do estado, apresentado na figura 1.

Figura 1: Mapa de localização de Montes Claros



Fonte: IBGE, 2020

Com uma área total de 3.589,811 km², dos quais 73,51 km² correspondem ao perímetro urbano, Montes Claros é a quinta cidade mais populosa de Minas Gerais, com uma população estimada em 414.240 habitantes em 2022. Em 2022, a densidade demográfica era de 115,39 habitantes por quilômetro quadrado. Comparando-se com outros municípios do estado, Montes Claros ocupava a 5ª posição em população e a 61ª em densidade demográfica entre os 853 municípios de Minas Gerais.

Nacionalmente, estava nas posições 58^a e 667^a, respectivamente, entre os 5.570 municípios brasileiros. Em 2019, a área urbanizada era de 73,51 km². Em 2010, 93,4% das residências tinham acesso a esgotamento sanitário adequado, 56% das vias públicas eram arborizadas, e 10% das vias públicas eram urbanizadas. No mesmo ano, aproximadamente 2.085 pessoas viviam em áreas classificadas como de risco. Montes Claros está inserida nos biomas Caatinga e Cerrado (IBGE, 2022)

A precipitação média mensal da cidade varia ao longo do ano, com os meses mais chuvosos sendo dezembro e janeiro, apresentando médias de 202,1 mm e 191,2 mm, respectivamente. A precipitação média anual na cidade é de aproximadamente 87,08 mm por mês e 1044,96 mm em um ano. Considera-se uma taxa de precipitação alta na cidade quando esta ultrapassa a média anual (INMET, 2024).

A pesquisa realizada foi de caráter de natureza aplicada, conforme definido por Barros e Lehfeld (2014). Quanto à abordagem do problema, caracterizou-se como quantitativa, conforme descrito por Knechtel (2014). Adotou-se também um caráter exploratório, coletando dados do Corpo de Bombeiros de Minas Gerais para explorar as características das inundações em Montes Claros/MG ao longo de cinco anos.

3.2 Aquisição e organização dos dados

Para aquisição de dados foram coletados os dados pluviométricos diários da cidade de Montes Claro/MG a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de estudo de 2018 a 2023. Os dados de precipitação foram organizados em tabelas de acordo com o ano, mês e a precipitação total.

As ocorrências de enchentes foram obtidas a partir dos registros de chamadas de emergência relacionadas a enchentes e inundações reportadas ao CBMMG, no mesmo intervalo de tempo, organizadas em uma tabela com colunas com o bairro afetado e a quantidade de chamados, e classificação de cada evento do chamado.

3.3 Análises de dados

Foram calculadas a média mensal de precipitação e o número de chamados de emergência por bairro. Esses cálculos ajudaram a identificar padrões e tendências ao longo do tempo. Utilizando o software QGIS, foram gerados mapas dessas médias anuais de precipitação e dos chamados de emergência. Esses mapas permitiram a visualização da distribuição espacial dos dados e a identificação das áreas com maior frequência de eventos.

Os anos foram classificados com base na média anual de precipitação. Foram considerados como "alta precipitação" aqueles anos em que a média mensal superou o limiar de 1.100 mm, um valor elevado para a cidade de Montes Claros, conforme o INMET (2024). Anos com médias de precipitação abaixo desse limiar foram classificados como de "baixa precipitação". O limiar para alta precipitação é o valor mínimo, em milímetros, a partir do qual as chuvas são classificadas como intensas.

Os registros de chamados de emergência foram categorizados em duas classes de hipótese causal, com base no bairro de ocorrência:

- i. **Chamados relacionados à localização geográfica (LG):** Incluem eventos causados por construções em áreas inadequadas para urbanização. Para essa classificação, foram utilizadas imagens de satélite do Google Earth.
- ii. **Chamados relacionados à falta de serviços essenciais (FSE):** Referem-se a problemas resultantes da falta de saneamento e drenagem urbana. Dados da prefeitura foram empregados para identificar essas ocorrências.

A classificação dos bairros com base nos chamados permitiu a geração de um mapa no QGIS, destacando as áreas mais impactadas ao longo dos cinco anos analisados. Este mapa contribuiu na identificação dos principais fatores responsáveis pelos eventos, bem como na proposição de medidas mitigatórias. A partir da análise dos dados e dos mapas de risco, foram sugeridas estratégias para mitigar os impactos das enchentes, incluindo recomendações para melhorias na drenagem e no planejamento urbano.

3.4 Análises estatísticas

Os dados médios de precipitação e o número de chamados de emergência por bairro, em Montes Claros, foram analisados utilizando a correlação de Pearson, conduzida em ambiente Python. Essa análise estatística permitiu avaliar a relação quantitativa entre o volume de precipitação e a frequência dos chamados de emergência, identificando padrões de associação e a intensidade da correlação entre as médias mensais de precipitação e os eventos de emergência. As análises foram realizadas com suporte das ferramentas disponíveis na documentação do Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa revelou uma correlação significativa entre os eventos de enchentes e inundações em Montes Claros/MG e as localidades afetadas, assim como variações nos volumes de chuva entre 2018 e 2023. Os dados demonstraram que houve variações consideráveis na precipitação mensal ao longo do período analisado, o que influenciou diretamente a ocorrência e a intensidade dos eventos de inundação na cidade. A análise das médias anuais de precipitação (Tabela 1) indicam que todos os anos estudados registraram níveis de precipitação significativamente abaixo dos 1100 mm, valor estabelecido pelo INMET (2024) como limiar para "alta precipitação". Valores abaixo desse limiar indicam chuvas menos intensas; acima, sugerem condições de alta precipitação.

Tabela 1: Variação mensal da precipitação em Montes Claros, MG e a classificação correspondente.

Ano	Precipitação média mensal (mm)	Classificação
2018	76,78	BAIXA
2019	60,31	BAIXA
2020	75,62	BAIXA
2021	109,53	BAIXA
2022	85,78	BAIXA
2023	75,11	BAIXA

Fonte: INMET, 2024

Analisando os dados de Souza *et al.*, (2018) que abordam a frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros e os dados da Tabela 1, nota-se contrastes significativos no comportamento das precipitações em Montes Claros ao longo dos períodos estudados. Utilizando um banco de dados de 20 anos (1995-2014) os autores encontraram uma precipitação média anual de 1017,11 mm, com um total de 1.642 dias chuvosos e média de 82,10 dias de chuva por ano. Durante esse período, a maior precipitação registrada foi de 145 mm, com uma frequência de ocorrência muito baixa para valores acima de 140 mm.

Por outro lado, os dados mais recentes (2018-2023) mostram uma redução ainda mais acentuada na precipitação média mensal. Como evidenciado na Tabela 1, todos os anos deste período apresentaram precipitações médias mensais abaixo de 110 mm, classificadas como "baixas". Esses valores contrastam com os achados de Souza *et al.* (2018) no qual o total anual médio de precipitação era significativamente mais alto. Explicar este contraste

O acentuado declínio nas precipitações médias anuais pode sinalizar mudanças climáticas ou uma variabilidade climática extrema na região. Além disso, isso sugere que os riscos de inundações, embora ainda existentes, podem estar mais relacionados à intensidade e à distribuição das chuvas ao longo do tempo do que ao volume total anual de precipitação registrado (Araujo, 2020)

Esses chamados foram classificados em duas hipóteses causais principais: a localização geográfica (LG) e a falta de serviços essenciais (FSE). Esses fatores, conforme demonstrado na Tabela 2, oferecem perspectiva mais detalhada sobre as vulnerabilidades específicas de cada bairro em relação às inundações, independentemente do volume total de precipitação.

Tabela 2: Chamados de emergência distribuídos por bairros em Montes Claros, MG e suas classificações

BAIRROS	CHAMADOS POR ANO						TOTAL	CLASSIFICAÇÃO
	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Alice Maia	1						1	FSE
Alto Da Boa Vista					1		1	FSE
Alto São Joao	1						1	FSE
Antonio Pimenta		1					1	FSE
Augusta Mota	1		1				2	FSE
Canelas		3	4				7	LG
Canelas II	1						1	LG
Carmelo	1			1			2	FSE
Centro	1						1	FSE
Chiquinho Guimaraes	2		2				4	FSE
Cidade Industrial	2						2	LG
Cintra		1					1	FSE
Ciro Dos Anjos		1					1	FSE
Clarice Athayde	1						1	FSE
Cristo Rei	1	1					2	FSE
Edgar Pereira	2					1	3	FSE
Funcionários	1	1	1				3	FSE
Independência	2			2			4	FSE
Itatiaia	1						1	FSE
Jaraguá			1				1	FSE
Jardim Alvorada	2		2				4	LG
Jardim Brasil	1		1				2	FSE
Jardim Olímpico			1				1	LG
Jardim Panorama	1		1				2	LG
Jardim São Geraldo					1		1	LG
JK	1				2		3	FSE

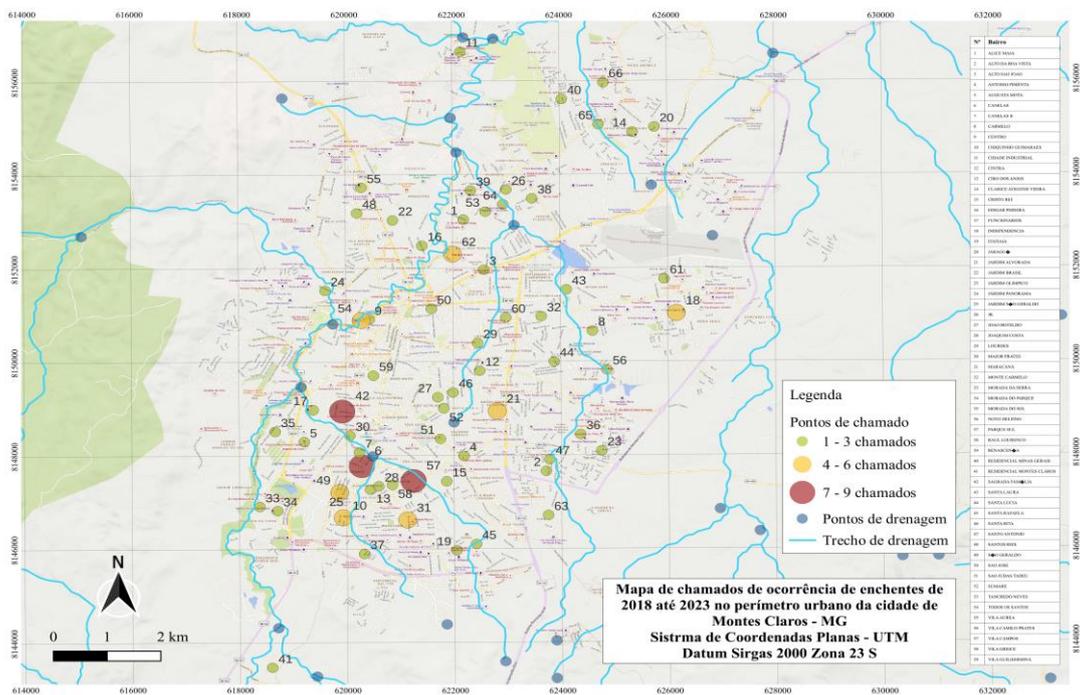
Joao Botelho	1						1	FSE
Joaquim Costa		1	1				2	FSE
Lourdes			1				1	FSE
Major Prates	1						1	LG
Maracanã	1	4					5	LG
Monte Carmelo			1		1		2	FSE
Morada Da Serra	1						1	FSE
Morada Do Parque	1						1	FSE
Morada Do Sol	2						2	FSE
Novo Delfino	1				1		2	FSE
Parque Sul			1				1	FSE
Raul Lourenco	1		1	1			3	FSE
Renascença			1		1		2	FSE
Residencial Minas Gerais	1						1	FSE
Residencial Montes Claros			1		2		3	FSE
Sagrada Família			2	4	1		7	FSE
Santa Laura	1						1	FSE
Santa Lucia		1	1				2	FSE
Santa Rafaela	1						1	FSE
Santa Rita	1		1				2	FSE
Santo Antônio			1				1	FSE
Santos Reis						1	1	LG
São Geraldo		1	2			1	4	LG
São Jose	1						1	FSE
São Judas Tadeu	1		1				2	FSE
Sumaré	2						2	FSE
Tancredo Neves			2		1		3	LG
Todos Os Santos	1			2	1		4	FSE
Vila Aurea	1						1	FSE
Vila Camilo Prates	1						1	FSE
Vila Campos	2	5	1		1		9	FSE
Vila Greice	1						1	LG
Vila Guilhermina	1						1	LG
Vila Ipiranga	1						1	FSE
Vila Real			1				1	FSE
Vila Regina		1		1		2	4	FSE
Vila Sion				1			1	FSE
Vila Tiradentes	1						1	LG
Village		1					1	FSE
Village Do Lago II	1						1	LG

Fonte: CBMMG (2023)

A análise dos 135 chamados de emergência em Montes Claros apontam que 72,6% (98 chamados) estão relacionados à falta de serviços essenciais (FSE), enquanto

27,42% (27 chamados) são decorrentes de localização geográfica inadequada (LG). Esses dados indicam que a infraestrutura deficiente, especialmente no que diz respeito ao saneamento básico e à drenagem urbana, é a principal causa dos problemas relatados, corroborando a necessidade de melhorias significativas nesses serviços. A distribuição dos chamados por bairro está ilustrada na Figura 2, que mostra a sua localização específica.

Figura 2: Mapas de chamados de ocorrências de enchentes, de 2018 a 2023 no perímetro urbano da cidade de Montes Claros/MG



Fonte: Do Autor, 2024

Os dados do Instituto de Água e Saneamento (2021) mostram que apenas 67,5% das vias públicas na área urbana de Montes Claros são pavimentadas e possuem meio-fio, uma taxa inferior à média do estado (79,17%) e do país (73,55%). Além disso, apenas 8,1% das vias urbanas contam com redes ou canais pluviais subterrâneos, um índice abaixo das médias estadual (28,01%) e nacional (25,77%). Esses números destacam a precariedade da infraestrutura urbana da cidade, o que agrava os problemas relacionados ao manejo das águas pluviais e, conseqüentemente, aumenta o risco de inundações e alagamentos.

Outro dado relevante apresentado pelo Instituto de Água e Saneamento (2021) é que apenas 0,1% dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas de Montes Claros estão canalizados. A pesquisa de Araujo (2020) complementa esse dado, mostrando que a precariedade dos sistemas de drenagem e a falta de manutenção agravam ainda mais a

situação. O autor documenta problemas graves em diversas áreas da cidade, como no córrego do Bicano e no Rio Vieira, onde a vegetação excessiva, o acúmulo de lixo e o desmoronamento de barrancos comprometem a eficiência do escoamento pluvial. Além disso, ele observa que, mesmo em áreas com boa cobertura de esgotamento sanitário, como Montes Claros (85,43%), a deficiência na infraestrutura de drenagem pluvial permanece crítica.

As Figuras 3, 4, 5 e 6 registradas por Araujo (2020) evidenciam a situação precária dos canais, leitos naturais e pontos de coleta de água pluvial em bairros como Morada do Sol, Alto Floresta, Cintra e Santa Lúcia, onde a ocupação desordenada e a falta de limpeza adequada dos bueiros contribuem para as enchentes frequentes

Figura 3 : Imagem do Córrego do Bichano na Av. Vicente Guimaraes em Montes claros, no ano de 2018



Fonte: Araujo, 2020

Figura 4: Imagem do Rio Vieira na Av. Sidney Chaves em Montes Claros, no ano de 2018



Fonte: Araujo, 2020

Figura 5: Imagem do Córrego do Cintra - Ponte da Av. Minas Gerais, Alto Floresta em 2018



Fonte: Araujo,2020

Figura 6: Imagem do Córrego das Melancias - Av. Antônio Lafeta Rabelo em 2018

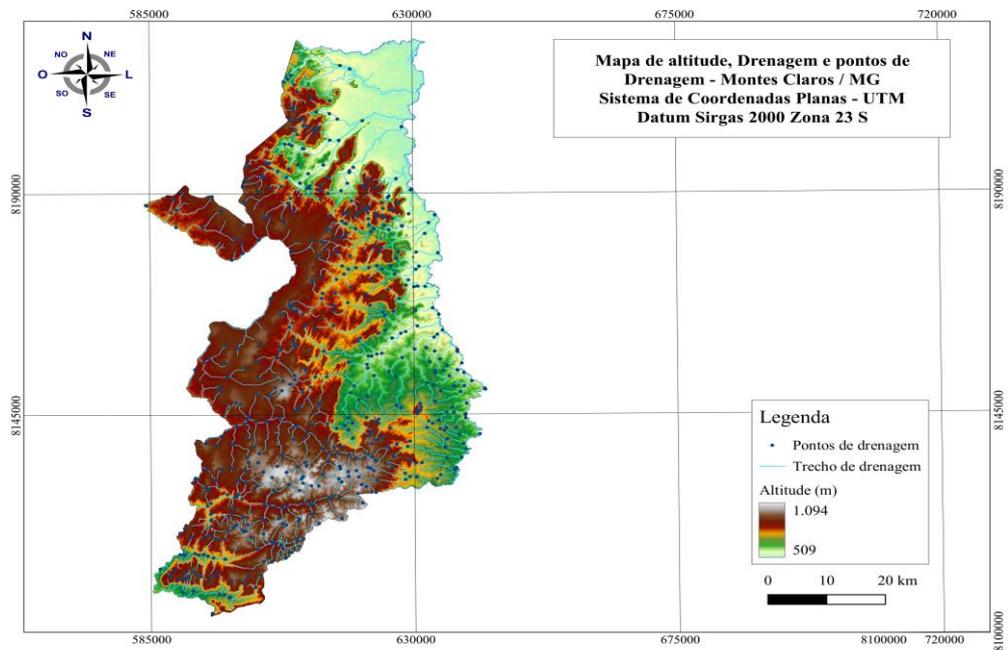


Fonte: Araujo, 2020

Os problemas de inundações em Montes Claros não se devem apenas ao volume total de chuva, mas, principalmente, à intensidade das precipitações e à inadequação das infraestruturas urbanas para gerenciar as águas pluviais. A baixa pavimentação e a falta de sistemas de drenagem eficazes fazem com que até mesmo chuvas relativamente pequenas causem grandes transtornos, como inundações e alagamentos, conforme apontado por Araujo (2020), que concluiu que as precipitações em Montes Claros são intensas, concentradas em curtos períodos, e geram grandes volumes de água, resultando em expressivo escoamento superficial pelas ruas e avenidas.

Na Figura 7 estão detalhadas as variações topográficas da cidade com identificação das áreas mais vulneráveis à inundações, oferecendo uma visão clara das zonas com maior suscetibilidade. Este mapa auxilia para o entendimento de como a interação entre relevo e drenagem contribui para os riscos associados às inundações.

Figura 7: Mapa de altitude, drenagem e pontos de drenagem de Montes Claros, MG



Fonte: Do Autor, 2024

Analisando a classificação dos bairros feitas na tabela 2, nota-se que bairros com maior incidência de chamados FSE, como Vila Campos (9 chamados), Sagrada Família (7 chamados) e Canelas (7 chamados), indicam uma necessidade crítica de melhorias na infraestrutura, independentes das condições climáticas.

Bairros com alta incidência de chamados LG, como Canelas (7 chamados), Maracanã (5 chamados) e São Geraldo (4 chamados), estão localizados em áreas naturalmente vulneráveis, como várzeas ou proximidades de corpos hídricos. Essa vulnerabilidade não é determinada apenas pela intensidade da precipitação, mas também pela localização geográfica e pela falta de infraestrutura adequada, evidenciando a necessidade de intervenções estratégicas.

No bairro Canelas, Fernandes *et al.*, (2018) identificaram quatro níveis de suscetibilidade à inundação, com a zona de alta susceptibilidade, próxima ao canal de drenagem, sendo particularmente vulnerável durante elevações da vazão do rio. Mesmo as zonas de média e baixa susceptibilidade, menos propensas a inundações, ainda enfrentam riscos consideráveis dependendo da intensidade das chuvas. A alta frequência de chamados no bairro mostram que essas áreas continuam a enfrentar problemas significativos durante períodos de chuva intensa.

A análise das características geográficas de bairros como Jardim Alvorada, Jardim São Geraldo, Major Prates, e Maracanã revela que suas localizações em áreas de várzea, baixa elevação e proximidade com cursos d'água aumentam significativamente sua vulnerabilidade às inundações. Mesmo com precipitações abaixo da média, esses bairros continuam a sofrer com alagamentos, evidenciando a inadequação da urbanização nessas regiões.

Por exemplo, o bairro de Maracanã, localizado em uma área de várzea, apresentou 5 chamados relacionados à LG, destacando-se como uma área particularmente suscetível a alagamentos. Similarmente, o bairro São Geraldo, também em uma região plana e de baixa altitude, registrou 4 chamados de LG, confirmando a influência da topografia na frequência de problemas relacionados a inundações.

Embora a precipitação mensal tenha sido consistentemente baixa durante o período analisado, o elevado número de chamados em determinados bairros indica problemas estruturais persistentes que não são resolvidos ao longo dos anos, independentemente das condições climáticas. A recorrência de chamados nas mesmas áreas sugere falhas na gestão urbana, onde até mesmo chuvas moderadas causam problemas. Assim, apesar das variações na precipitação mensal, os dados indicam que a redução dos chamados pode estar mais ligada à gestão urbana e à infraestrutura do que às mudanças climáticas. Esses resultados ressaltam a necessidade de investir em melhorias estruturais e políticas de prevenção para continuar a diminuir os impactos das inundações, independentemente das variações climáticas.

Os dados apresentados na Tabela 3 sintetizam as médias anuais de chamados relacionados a inundações em Montes Claros, MG, a média de precipitação mensal (em milímetros), e os respectivos desvios padrão para o período de 2018 a 2023.

Tabela 3: Médias Anuais de Chamados por Inundações e Precipitação em Montes Claros, MG (2018-2023)

Ano	Média de Chamados	Desvio Padrão	Média de Precipitação (mm)	Desvio Padrão ²
2018	0,33	0,90	76,78	103,08
2019	0,50	0,77	60,31	68,38
2020	0,18	0,63	75,62	108,41
2021	0,19	0,47	109,53	138,73
2022	0,07	0,32	85,78	111,52
2023	2,04	1,63	75,11	104,50
Correlação de Pearson			-0,288	
Valor p (Pearson)			0,580	

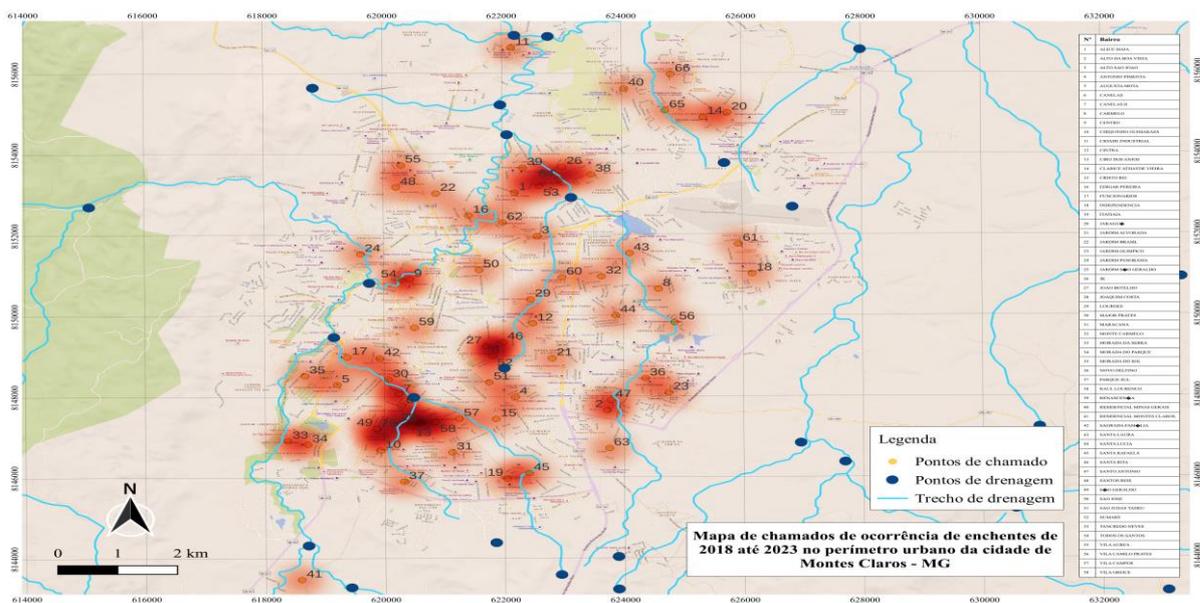
A correlação de Pearson resultou em um valor de $-0,288$. Esse valor negativo sugere uma relação inversa, ou seja, em anos com maior precipitação, o número de chamados tende a diminuir, e vice-versa. No entanto, essa correlação é fraca, indicando que a relação entre a precipitação e o número de chamados não é forte o suficiente para ser usada como uma ferramenta preditiva confiável.

A correlação sugere que outros fatores, como a infraestrutura local, mudanças no comportamento da população, melhorias nos serviços de emergência, ou até mesmo variações aleatórias, podem ter um papel mais significativo na determinação do número de chamados. Isso sugere que, embora a precipitação seja um fator relevante, ela não é o principal determinante no número de chamados de emergência, e a relação entre esses dois fatores é complexa e influenciada por muitos outros elementos.

4.1 Áreas de risco e Medidas mitigatórias

O mapa de risco de inundações em Montes Claros apresentado na Figura 8 revela áreas com alta suscetibilidade a eventos extremos, com base na frequência dos chamados de emergência relacionados a inundações. As regiões destacadas em vermelho intenso indicam locais com maior incidência de chamados, refletindo a gravidade dos problemas enfrentados. Este destaque está associado a uma combinação de fatores, como a falta de infraestrutura de drenagem adequada e a localização em zonas de risco elevado.

Figura 8: Mapa de risco de inundações em Montes Claros/MG



Fonte: Do Autor, 2024

Essas variações de risco, evidenciam que bairros com uma alta concentração de chamados, como Maracanã e São Geraldo, enfrentam desafios significativos relacionados a inundações. Essas áreas exigem uma atenção urgente das autoridades públicas para revisar o planejamento urbano e implementar melhorias na infraestrutura. A presença predominante de chamadas em regiões específicas sugere a necessidade de medidas de engenharia e gestão mais robustas para reduzir os impactos das enchentes.

Além disso, bairros com problemas de saneamento, como Vila Campos e Sagrada Família, também se destacam, indicando a urgência de melhorias na rede de esgoto e drenagem urbana. As intervenções propostas para esses bairros incluem a ampliação da infraestrutura de saneamento e a construção de sistemas de drenagem mais eficientes, visando melhorar a qualidade de vida dos moradores e a resiliência da cidade a eventos climáticos adversos.

Para a sociedade é essencial promover a conscientização sobre a importância do planejamento urbano sustentável e da manutenção adequada da infraestrutura. A participação ativa em programas de educação sobre gestão de água e saneamento pode contribuir significativamente para a prevenção de problemas. Além disso, a colaboração com órgãos públicos em campanhas de limpeza e manutenção das áreas de drenagem e esgoto pode ajudar a evitar obstruções e garantir o bom funcionamento dos sistemas.

É importante adotar práticas que ajudem a minimizar o impacto das inundações, como evitar o descarte de lixo em locais inadequados e participar de iniciativas de coleta seletiva. Também é recomendável que os moradores estejam atentos a alertas meteorológicos e se preparem para emergências, contribuindo para a segurança e bem-estar da comunidade.

5. CONCLUSÃO

A análise dos dados de chamados de emergência em Montes Claros/MG indica que os problemas de infraestrutura e o planejamento urbano inadequado são fatores determinantes para as inundações. A correlação de Pearson entre a média de precipitação e os chamados de emergência evidencia que a quantidade de precipitação não tem relação estatisticamente significativa com a frequência dos chamados. Isso demonstra que a deficiência na infraestrutura de drenagem e saneamento básico é mais crítica para a ocorrência de inundações do que as variações na precipitação.

O aumento dos chamados em 2023 reforça a necessidade de melhorar a infraestrutura urbana e revisar as políticas de planejamento territorial. É necessário adotar uma abordagem preventiva centrada na atualização das redes de drenagem, no planejamento urbano adequado e na gestão eficiente das águas pluviais. A colaboração entre órgãos públicos, sociedade e indivíduos é essencial para aumentar a resiliência da cidade às mudanças climáticas e ao crescimento urbano, promovendo um ambiente mais seguro e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de drenagem urbana**. Brasília: ANA, 2002.
- ASCHER, F.; SOMEKH, N. **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010. 104 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4055484/mod_resource/content/1/%28Seminario%2007%29_ASCHER_Os%20novos%20princi%CC%81pios%20do%20urbanismo.pdf . Acesso em: 20 jul. de 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil 2023: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.- Brasília : ANA, 2024** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf> Acesso em: 12 de ago. de 2024
- ARAÚJO, Alexandre Alves; **Impactos causados pelas ocorrências pluviométricas no ambiente urbano da cidade de Montes Claros/ MG**; 37 p. Monografia (Especialização): Area de concentração Recursos hídricos e ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais/ Instituto de Ciências Agrárias, 2020.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. ed.5ª, Rio de Janeiro: Bertrand, 1998 Disponível em< [https://www.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoade-j-o_introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf/@@download/file/AYOADE,J.O._Introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf](https://www.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoade-j-o_introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf/@@download/file/AYOADE,J.O._Introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf/@@download/file/AYOADE,J.O._Introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf) > Acesso em: 20 jul. 2024
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012**. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012. Disponível em: < https://www.defesacivil.se.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/instru%C3%A7%C3%A3o_normativa_n%C2%BA_01_de_24_de_agosto_de_2012-2.pdf> Acesso em: 20 jul. de 2024.
- BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/185>> Acesso em: 20 jul. de 2024.
- BUSTAMANTE, Mercedes. Soluções baseadas na natureza e a redução da vulnerabilidade de infraestruturas críticas frente às mudanças do clima. **CEP**, v. 71, p. 50, 2022. Disponível em: < <https://soberaniaeclima.org.br/publicacoes/revista-dialogos/v1-n3-2022/>> Acesso em: 20 jul. de 2024

CAMARGO, Claudia G.; MALANDRIN, Daniela; BRAGA, Hugo; MACHADO, Ludmila. Análise de Eventos Extremos de Precipitação na Região Sul do Brasil Dados Históricos. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 2011, Guarapari. Espírito Santo, 2011. p.5 Disponível em:< <https://sbagro.org/files/biblioteca/3781.pdf>> Acesso em: 20 jul. de 2024

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.

CAVALCANTI, Iracema F. A.; DIAS, Maria Assunção F.; JUSTI, Maria Gertrudes A.; FERREIRA, Nelson J. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 464 p.

COSTA, Reinaldo Corrêa. Áreas de risco em bacias hidrográficas urbanizadas. In. COSTA, Reinaldo Corrêa (org.). Riscos, vulnerabilidades e condicionantes urbanos. Série estudos reunidos, vol. 68. Jundiaí: Paco Editorial, 2019. Disponível em:< <http://bibliotecadigital.saobernardo.sp.gov.br/ebook/riscos-vulnerabilidades-e-condicionantes-urbanos-reinaldo-correa-costa-paco-e-littera>> 20 jul. de 2024

DAN, S.; XUE, W.; DAN, B.; XU, H.; HE, J. Comparison and analysis of research methods for urban heat island effect based on Landsat TM5. **Second International Conference on Geoscience and Remote Sensing - IITA**, 2010
DOI: 10.1109/IITA-GRS.2010.5602992 Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/251957672_Comparison_and_analysis_of_research_methods_for_urban_heat_island_effect_based_on_Landsat_TM6> Acesso em: 20 jul. de 2024

FRAGA, R. G., & Sayago, D. A. V. (2021). Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito. **Parcerias Estratégicas**, 25(50), 67-82. Disponível em:< https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/4357_RPE_50_Grafica_.pdf/c5005e4a-cd41-4e66-aa08-f87066673d55?version=2.0.> Acesso em: 20 jul. de 2024

FERNANDES, João Victor; FERREIRA, Maykon F. Freitas; ALMEIDA, Maria Ivete Soares; SOARES, Ramon Rodrigues. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação no bairro canelas em Montes Claros in: Fórum Ensino, pesquisa, extensão, gestão. 12º Ciência e Tecnologia Disponível em: < <http://www.fepeg2018.unimontes.br/anais/download/fee91c57-b9f3-409d-8811-2acece619e6c>> Acesso em: 15 ago. 2024

FORMENTINI, AB; MONTEIRO, DCP; SOTERO, EMO A DRENAGEM URBANA DAS ÁGUAS PLUVIAIS E SUA RELAÇÃO COM A IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO NA AVENIDA ININGA. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 1, pág. 3504–3512, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N1-196. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/3159>. Acesso em: 16 ago. de 2024

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO: **Municípios e saneamento** Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/mg/montes-claros>> Acesso 16 de ago. de 2024

INSITUTO NACIONAL DE METEROLOGIA **Monitoramento de Precipitação** Disponível em:

<<https://clima.inmet.gov.br/prec#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Fclima,100>> Acesso em: 20 de jul. de 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 de jul. de 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas Municipais, 2020**. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2020/MG/montes_claros/3143302_MM.pdf>. Acesso em: 18 de ago. de 2024

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico, 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>> Acesso em 23 jul. de 2024

JATOBÁ, Sergio Ulisses Silva. Urbanização, Meio Ambiente e Vulnerabilidade Social. In: **IPEA. Boletim regional, urbano e ambiental**. n.5, Jun. 2011. Disponível em:<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf> Acesso em 23 jul. de 2024

JUNIOR Francisco Pereira da Silva; CHAVES, Sammya Vanessa Vieira. Desastres naturais no Brasil: um estudo sobre extremos climáticos em cidades brasileiras. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**. Ano 2, v. 2, nº 2, p. 47-62. 2021.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014. **Práxis Educativa**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 531–534, 2017. DOI: 10.5212/PraxEduc.v.11i2.0013. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/8846> Acesso em 23 jul. de 2024

KOBIYAMA, Masato; MONTEIRO, Leonardo Romero; GOERL, Roberto Fabris. Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: Sócio-hidrologia e sócio-tecnologia. **Revista de gestão & sustentabilidade ambiental**. Palhoça, SC. vol. 7, nesp (2018), p. 206-231, 2018. Disponível em:<https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6539> Acesso em 23 jul. de 2024

LICCO, E. A., SEO, E. S. M. Perigos e riscos naturais: estudo de caso do Jardim Pantanal, **InterfacEHS**, Dossiê, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 3 -24, 2013. Disponível em:<https://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/1_DOSSIE_vol-8-n1.pdf> Acesso em 23 jul. de 2024

LIMA, Renderson Ferreira de. **A floresta urbana da Jaguarana e sua influência no clima do bairro de Maranguape II-Paulista/PE**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pernambuco, Recife 2022. Disponível em:<<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50553>> Acesso em 23 jul. de 2024

MACHADO, PLOA; BERNARDI, ACC; SILVA, CA (Ed.). Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p.

57-75, 2004. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/337351/agricultura-de-precisao-para-o-manejo-da-fertilidade-do-solo-em-sistema-plantio-direto> > Acesso 20 jul. de 2024

MARCELINO E. V. (Ed.). **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Caderno Didático nº 1. Santa Maria, RS: CRS/INPE, 2008 Disponível em: < <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.16.18.05/doc/publicacao.pdf> > Acesso 20 jul. de 2024

MARGULIS, Sergio; AMONI, Melina; PEREIRA, Henrique; GRAMKOW, Camila; SORAYA, Leila; CASTRO, Tarcisio; BANDEIRA, Adriano; ROSMAN, Paulo Cesar. **Geração de Subsídios Técnicos para Elaboração da Estratégia de Implementação dos Compromissos da Temática de Adaptação da NDC Brasileira**. Projeto do MMA com o IIS. 15 mar. 2019. Disponível em: <https://www.iis-rio.org/publicacoes/mudanca-do-clima-infraestruturas-criticas-no-brasil-e-dano-economico/> > Acesso em: 23 jul. de 2024

NIMER, Edson. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1889. Disponível em: < <https://www.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/climatologia-do-brasil.pdf> > Acesso 20 jul. de 2024

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Original, em inglês, publicado pelo IPCC em outubro de 2018, Suíça. Versão em português publicada pelo MCTIC em julho de 2019, Brasil. Disponível em: < https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html > 12 ago. de 2024

PEREIRA, F.; VANESSA, S. (2021). Desastres naturais no brasil: um estudo acerca dos extremos climáticos nas cidades brasileiras. **Revista da Academia de Ciências do Piauí** v. 2 n. 2 (2021) Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/view/934>. Acesso em: 12 ago. de 2024

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 1, pag. 15-23, jan./mar. 2000.

RIBEIRO, L. C. de Q.; CÂMARA, G. **Questões, desafios e caminhos** 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2022. Recurso digital (9 MB). Disponível em: https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2022/10/Reforma-Urbana-e-Direito-a-Cidade_NACIONAL_Digital_PDF-1.pdf > ago. de 2024

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python Language Site: Documentation**, 2024. Página de documentação. Disponível em: < <https://www.python.org/doc/> >. Acesso em: 19 de ago. de 2024

SANTA CATARINA. Agência de Regulação de Serviços Públicos. **Drenagem Urbana**. Florianópolis: AESC 16 jun. 2016. Disponível em: <https://www.aresc.sc.gov.br/index.php/servicos-regulados/drenagem-urbana>. Acesso em: 20 jul. de 2024

SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, v. 103, p. 33-40, 2014 Tradução. Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/002721284>> Acesso em: 22 jul. de 2024.

SILVA, C.S. **Inundações em Pelotas/RS: O uso do geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89718/256550.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 jul. de 2024.

SILVA; Elmo Rodrigues da. **O Curso da água na historia: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Saúde Pública) –Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro: 1998 Disponível em: < https://www.pick-upau.org.br/mundo/curso_agua/O%20Curso%20da%20C1gua%20na%20Hist%F3ria.pdf> 22 jul. de 2024.

SOUZA, Dálisson de Oliveira; OLIVEIRA, Flávio Gonçalves; CASTRO, Iago Luna de; SOARES, Jairon Breno de Souza; REIS, Matheus Mendes; FIGUEIREDO, Flávio Pimenta. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG **Revista Agrarian** v.11, n.42, p.337-342, Dourados, 2018 Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/48961/2/Frequ%3%aancia%20de%20ocorr%3%aancia%20de%20precipita%3%a7%3%a3o%20pluviom%3%a9trica%20em%20montes%20claros-mg.pdf>> Acesso 12 de ago. de 2024

TEIXEIRA, N. N.; ARAÚJO, A. V. S. Gestão municipal de drenagem e manejo de águas pluviais: avaliação dos impactos decorrentes da urbanização na Cidade Nova, Ilhéus-BA. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 9968–9997, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i6.2351. Disponível em:< <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2351>> Acesso 12 de ago. de 2024

TRINDADE, Patricia Michele Pereira. **Análise espaço temporal da temperatura em Santa Maria – RS a partir de imagens termais landsat 8 e experimento de campo**. 2018. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 2018.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I; CORDEIRO NETTO, O.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina –REGA**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 29 -42, Jan/Jun 2016. Disponível em:< https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/63/2ad4eeedd7a7c343e9e3761021390984_7960253b5475402462f2cae2b731c23f.pdf> Acesso 12 de ago. de 2024

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. (org.) **Drenagem Urbana**. 1ª Ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade, 1995

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2ª versão digital. Recife, 2006.

Disponível em:

<https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf> Acesso 20 jul. de 2024