

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO
GRANDE**

Karen Vitória de Andrade

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Pereira

SÃO JOÃO DEL REI - MG

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

COORDENADORIA DO CURSO DE GEOGRAFIA

**ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO
GRANDE**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado
no curso de Geografia na Universidade
Federal de São João del Rei, como obtenção
do título bacharelado em Geografia.

Karen Vitória de Andrade

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Pereira

SÃO JOÃO DEL REI - MG

202

Dedico este trabalho para o príncipe que um dia se vestiu de carpinteiro e morreu por mim em uma cruz.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus eterno e amado, meu guia e meu redentor, que me deu forças para continuar e nunca desistir, renovando meu fôlego de vida e derramando graça sobre a minha vida. Agradeço imensamente por ressignificar os meus dias como serva e filha amada, e por ter dado sentido sobre a minha vida.

A minha família, que sob todas as circunstâncias, esteve ao meu lado, me fazendo não desistir dos meus sonhos e por terem acreditado em mim quando ninguém mais acreditava. Aos meus pais Selmo de Andrade Lopes e Kenia Aparecida de Andrade, que lutaram por mim com todo o amor, carinho, sendo a minha base de vida. Espero estar orgulhando vocês. As minhas irmãs, Klara e Karoline, por serem as minhas maiores incentivadoras e por estarem sempre ao meu lado.

Aos meu orientador, Prof. Dr. Gabriel Pereira, que me acolheu desde a primeira iniciação científica, me auxiliando nessa jornada árdua com atenção, pela paciência e por ter acreditado na realização dessa pesquisa. Reitero os meus agradecimentos ao Prof. Dr. André Batista Negreiros, pelos ensinamentos, conselhos e me fazer amar a hidrologia. Agradecendo também a Prof. Dr. Francielle da Silva Cardozo, membro da banca examinadora, por participar desse momento tão importante e por suas contribuições inestimáveis.

Aos meus amigos da Geografia e de São João del Rei, gratidão pelo apoio, pelas risadas e por estarem comigo nos momentos difíceis. Agradeço especialmente aos meus amigos Ana Clara, Daniel, Victor, Júnior, Gabriel, André, Jean, Bia, Cidiane, Livia e Maria Eduarda, vocês foram essenciais nessa jornada acadêmica e na minha vida.

A Universidade Federal de São João del-Rei, ao Degeo e ao Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos em Sensoriamento Remoto Aplicado ao Clima, pelo espaço físico, pelos equipamento e softwares necessários para o desenvolvimento das pesquisas de iniciação científica e Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro por meio da bolsa de iniciação científica.

RESUMO

As inundações estão associadas a acontecimentos hidrometeorológicos, sendo influenciados por questões antrópicas que refletem no meio ambiente, de maneira que o estudo tem como objetivo principal caracterizar as áreas suscetíveis a inundações na bacia do rio Grande, situada em Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP). A metodologia usada na pesquisa consistiu no uso do Hand Model. Os parâmetros fornecidos para o estudo foram a utilização do Modelo Digital de Elevação para mapear as áreas suscetíveis a inundação na bacia representada. Dessa maneira, foi demonstrado a sub-bacia mais suscetível a esses fenômenos naturais é o Mogi Guaçu, característicos de condições do escoamento superficial, relevo com baixa capacidade de dissecação, sistema de drenagem insuficiente e a influência da Serra da Mantiqueira. logo a sub-bacia menos suscetível é o Pardo, por condições de fatores de drenagem uniforme, elevada densidade de canais de escoamento, formato alongado e relevo favorável.

Palavras-Chaves: Inundações; Hand Model; Suscetibilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, a Bacia do Rio Grande.	15
Figura 2: Mapa de Uso e Cobertura da bacia do rio Grande.	17
Figura 3: Mapa Hipsométrico da bacia do rio Grande.	20
Figura 4: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Alto Grande.	21
Figura 5: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Sapucaí/Verde.	22
Figura 6: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Mogi Guaçu.	23
Figura 7: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Sapucaí (SP).	24
Figura 8: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Turvo.	25
Figura 9: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Pardo (SP).	26
Figura 10: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Médio Grande	27
Figura 11: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Baixo Grande.	27

SUMÁRIO

1. Introdução	8
2- OBJETIVOS	9
2.1- Objetivo Gerais	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Desastres	10
3.2 Vulnerabilidade e Risco	12
3.3 Suscetibilidade	13
3.4 Bacias Hidrográficas	14
4. Metodologia	15
4.1 Localização da área de estudo	15
4.2 Aquisição de Imagens Orbitais	18
4.3 Modelo Hand Model	19
4.4 Sistema de Informações Geográficas - SIG	19
5. Resultados e Discussão	20
6. Conclusão	29
Referências Bibliográficas	31

1. Introdução

Desde os primórdios da civilização, a água é um recurso natural essencial para o desenvolvimento da sociedade humana, no qual os rios, lagos e nascentes serviram como fonte para a sobrevivência da população. Sabe-se que a população se organizou nas margens desses locais para se ter um abastecimento de água para consumo próprio, agricultura, irrigação e comércio (Faber, 2011). Um dos exemplos de civilizações mais antigas que se organizaram ao redor de rios compreendem a Mesopotâmia (Filho *et al.*, 2012). Segundo dados fornecidos pelo Censo em 2010, a população residente se concentra mais no espaço urbano, estimado em 84% aproximadamente. Com o aumento exponencial da urbanização, a ocupação da sociedade sobre um território gera impactos ambientais, no que causa mudanças no ecossistema e nos ambientes antrópicos (Greenfield, 2024; Garcia *et al.*, 2020; Zacharias *et al.*, 2021).

As ações antrópicas são responsáveis pelas mudanças climáticas e pelas alterações vigentes na urbanização decorrentes da modificação do uso e ocupação do solo. Devido a urbanização e as mudanças climáticas de origem antrópica, há uma modificação nos ecossistemas e nos recursos hídricos (Dias e Matos, 2023). Dessa maneira, os problemas ambientais dizem respeito à construção das cidades sem um planejamento ambiental e com uma ocupação desordenada do território, proporcionando problemas socioambientais e situações de risco (Grostein, 2001). A expansão urbana proporcionou ao longo de anos alterações substanciais nas cidades, como a impermeabilização do solo, mudanças climáticas vigentes e o desmatamento (Kobiyama *et al.*, 2006). Nessa somatória de fatores, as condições de regime hídrico são diretamente alteradas.

As inundações são fenômenos naturais que normalmente ocorrem em fluxos de água, desencadeados por fortes chuvas em um espaço urbano (Braga, 2016). Sua ocorrência é fortemente influenciada por fatores locais, como a cobertura vegetal, tipo de rocha e solo, hipsometria, geomorfologia, topografia e as condições atmosféricas pré-existentes. No Brasil, há um aumento relevante desse fenômeno natural (Ceped, 2012), o que é uma preocupação para o poder público em mitigar os efeitos desse desastre no qual prejudicam a população como um todo. É necessário uma colaboração entre o Poder Público, Defesa Civil e o Ministério do Meio Ambiente, para o planejamento urbano e o controle da ocupação urbana.

Entre os desastres naturais, as inundações destacam-se por sua frequência elevada (Freire *et al.*, 2014), devido à mudanças climáticas e a potencialização das ações antrópicas sobre o território. As inundações sem a prevenção e o manejo adequado acarreta problemas a longo prazo, afetando diretamente o meio ambiente quanto a sociedade e a economia local.

Pode se citar que os efeitos mais preponderantes, são: a degradação do solo que podem deixar o solo mais arenoso e menos fértil, a contaminação das águas por carregarem consigo poluentes, prejudicando a qualidade da água, diminuição da biodiversidade pela perda de habitats naturais, dentre outros problemas (Braga, 2016).

Para a mitigação de efeitos causados por desastres naturais, foi proposto a Lei Federal nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, onde os municípios devem fazer a composição de mapeamentos de riscos contendo as áreas que são suscetíveis a desastres de amplo alcance, como as inundações e elaboração de obras para diminuir os efeitos do desastre ambiental, sendo mecanismos primordiais para a diminuição do risco.

A análise e o mapeamento da suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do rio Grande constitui a contribuição dessa pesquisa.

2- OBJETIVOS

2.1- Objetivos Gerais

A proposta de pesquisa tem como objetivo principal identificar e analisar as áreas suscetíveis a inundações na Bacia do Rio Grande, Minas Gerais e São Paulo.

2.2 Objetivos Específicos

- I. Mapear as áreas suscetíveis a inundação na bacia utilizando o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage);
- II. Caracterizar a área utilizando as variáveis ambientais, como declividade, pedologia, hipsometria, topografia e o uso e ocupação da terra.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Desastres

Os movimentos de massa, inundações, alagamentos, enxurradas, são motivados pelos atributos locais, tendo como base as características de uso e cobertura, pedologia do local, aspectos topográficos e as circunstâncias meteorológicas da área. Fenômenos combinados com as alterações antrópicas no ambiente sucedem em danos sociais, econômicos e materiais, são característicos dos desastres naturais.

Segundo a Política Nacional de Defesa Civil, o desastre é definido como o efeito de acontecimentos naturais ou resultantes da ação antrópica, determinado por uma área, motivados pela ação do homem ou ambiental que carregam em si perdas econômicas e sociais. O desastre é intensificado pela ocorrência de ameaça natural, a população exibida, situações de vulnerabilidade e as medidas ineficazes de diminuir os efeitos para a população (De Freitas *et al.*, 2014).

Os desastres naturais estão relacionados à ocupação urbana desenfreada no espaço, de maneira que impacta diretamente no ambiente urbano de todo o planeta Terra. No Brasil, os desastres são divididos em naturais e tecnológicos, conforme as especificações da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). Os desastres naturais estão organizados de maneira categórica: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos. Logo, os desastres tecnológicos são definidos como ocorrências de substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis, etc.

Para uma melhor classificação, os desastres são divididos em categorias para uma identificação de acontecimentos específicos para cada evento. Castro (1998) propõe uma classificação quanto aos desastres em: Intensidade, Evolução e Origem.

Os desastres são classificados de acordo com a sua intensidade, por intermédio de termos absolutos ou termos relativos. De acordo com Castro (1998), “a classificação de acordo com os critérios relativos é mais precisa, útil e racional” (Castro, 1998, p. 57), fundamentando-se que há uma relação direta entre a urgência de recursos em contraponto à disponibilidade na área atingida por um desastre.

Quanto a sua intensidade, o quadro I representa os seus respectivos níveis:

Quadro I: Classificação dos desastres de acordo com a intensidade.

Nível	Características
I	Os desastres de pequeno porte (intensidade) são definidos quando o dano causado são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. Dessa forma, a normalidade é estabelecida com os recursos que o município fornece.
II	Os desastres de médio porte (intensidade) são definidos quando o dano causado seja de alguma importância e os prejuízos, embora não sejam vultosos, são significativos. A normalidade pode ser estabelecida com os recursos existentes e prontificados no município afetado, desde que eles sejam mobilizados e judiciosamente utilizados.
III	Os desastres de grande porte (intensidade) são definidos quando os danos causados são importantes e os prejuízos vultosos. A normalidade é estabelecida, desde que os recursos sejam reforçados com o recurso estadual e federal já existente.
IV	Os desastres de muito grande porte (intensidade) são definidos quando os danos são muito importantes e os prejuízos muito vultosos e consideráveis. Nesse viés, os desastres não são superados pelas comunidades.

Fonte: Adaptado de Castro (1998, p.57).

A classificação quanto à sua evolução de desastres se conceituam em súbitos, graduais e somação. Os desastres súbitos se classificam pela sua velocidade do processo, causando a violência do evento, como os deslizamentos de terra. Já os desastres graduais são originados a partir de uma evolução de etapas de um agravamento progressivo, por exemplo a seca. Por conseguinte, os desastres por somação são caracterizados pela sequência de acidentes que, quando somados, originam um desastre significativo, que é o caso de acidentes de trânsito (Castro, 1998; Kobiyama, 2006; Rodrigues, 2008).

Quanto à origem, possibilitando a diferenciação da fonte primária do agente indutor, os desastres são classificados em naturais, humanos e mistos (Castro, 1998; Feltrin e Junior, 2013; Azambuja e Rigon, 2019).

Os desastres naturais são promovidos por fenômenos naturais, ocasionados pelas dimensões geológicas, climáticas, biológicas, cósmicas e hidrológicas, podendo ser intensificado pela ação antrópica. Ademais, os desastres humanos são provocados pela

omissão do homem e os desastres mistos são provocados quando as ações dos homens colaboram na intensificação dos desastres naturais (Castro, 1998; Kobiyama, 2006).

No Brasil, os desastres são divididos em naturais e tecnológicos, conforme as especificações da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). Os desastres naturais estão organizados de maneira categórica: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos. Logo, os desastres tecnológicos são definidos como ocorrências de substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis, etc.

As mudanças climáticas impactam negativamente no registro de desastres naturais ao longo dos anos, no qual interfere na sua intensidade, periodicidade e sua respectiva distribuição geográfica. O aumento dos desastres naturais são causados pelas mudanças no globo terrestre com o aumento das temperaturas, aumento do nível do mar e a intensificação do efeito estufa (Cerezini e Castro, 2024).

A Bacia Hidrográfica do rio Grande é impactada de maneira considerável durante o período chuvoso por meio das inundações. De acordo com Collares *et al.*, (2012) e Santos *et al.*, (2010), as inundações na bacia são intensificadas pelo fator topográfico e pela construção de hidrelétricas, que inundam grandes faixas de terra.

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) é o órgão brasileiro responsável pela prevenção e mitigação dos desastres naturais no estado brasileiro, tendo como função primordial o monitoramento constante dos fenômenos naturais e a emissão de alertas para minimizar os efeitos desses fenômenos na sociedade e no meio ambiente. Além disso, a defesa civil atua em união com o Cemaden no monitoramento dos desastres naturais na diminuição desses eventos, tendo como frentes a prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (Cemaden, 2023).

3.2 Vulnerabilidade e Risco

A vulnerabilidade demonstra uma variedade de definições a depender das correntes de pensamento. Do Carmo (2018) demonstra que a vulnerabilidade não se origina apenas na concepção da ausência de renda, mas também está conectada à ineficiência dos bens e serviços públicos, também que uma comunidade pode estar em situação de vulnerabilidade quando uma área é impactada por certa calamidade.

De acordo com Resende e Ribeiro (2017), a conceituação de vulnerabilidade é definida pela inclusão e exclusão, de tal modo que, há uma precariedade na estrutura do

trabalho e fragilidade social, carecendo de recursos essenciais. Castro (1998) define em sua literatura o conceito de vulnerabilidade como uma magnitude da ameaça, por meio da intensidade dos danos prováveis.

Na análise da vulnerabilidade é determinado fatores que representam essa condição (Jatobá, 2011; Cunha, 2004), originados pela exposição do risco a determinados grupos sociais, as circunstâncias que as pessoas possuem para encarar os riscos e as respostas aos riscos determinados. A resposta aos riscos são circunstanciados pelas condições sociais da população e ambiental de uma determinada área, logo a ineficiência de recursos é um motivo relevante para a vulnerabilidade social, pois limitam a competência de determinados grupos sociais de atenderem necessidades consideradas essenciais.

A vulnerabilidade e o risco é definida como uma estrutura social, em que é determinado como desastre a partir de uma população afetada pelo risco e numa situação de vulnerabilidade (Abdula e Taela, 2005). De tal modo que, a vulnerabilidade age conforme o risco existente, a sua ausência não caracteriza vulnerabilidade.

De acordo com Bruseke (2007) o risco é caracterizado como uma possibilidade de consequências futuras negativas de variados fenômenos ambientais, como as inundações, deslizamentos e processos erosivos. Essa temática engloba o contato entre a ameaça desses fenômenos ambientais e a vulnerabilidade das áreas favoráveis a esses eventos ou as comunidades expostas, no qual é necessário ações preventivas e medidas de mitigação.

3.3 Suscetibilidade

Dessa maneira, a suscetibilidade pode ser entendida como a propensão de uma área a ter o desenvolvimento de um fenômeno do meio físico (Fell *et al.*, 2008; Julião *et al.*, 2009; Sobreira e Souza, 2012; Diniz, 2012; Coutinho, 2013; Bressani e Costa, 2013; Ministério das Cidades, 2013).

De acordo com Girão *et al.*, (2008) o termo suscetibilidade é definido como o quão provável de ocorrer uma determinada ocorrência, tendo a ação antrópica para acelerar ou retardar tal fenômeno. Nesse contexto, a análise da suscetibilidade possibilita o preparo de mapas que identifiquem as áreas mais propensas a esses fenômenos naturais, como as inundações. A ação antrópica pode ser um meio para a alteração do meio ambiente, promovendo ou diminuindo a modificação da interação natural.

A ausência de políticas públicas e condições socioeconômicas favoráveis em países subdesenvolvidos e emergentes impossibilitam que as populações mais vulneráveis evitem o estabelecimento em áreas suscetíveis aos desastres naturais (Cardozo, 2009). Essa

vulnerabilidade da sociedade é intensificada quando não há uma estrutura adequada, e a precariedade de políticas públicas de mitigação desses desastres e a subsequente urbanização desenfreada possibilitam o aumento desses desastres naturais.

Um exemplo de um grande desastre climático é o caso do Rio Grande do Sul, que deixou 147 mortos e prejudicou mais de 2,1 milhões de pessoas, segundo a BBC Brasil. Uma série de fatores pode explicar esse desastre natural, como as mudanças climáticas globais, como o caso do El Niño, que aumentou a temperatura das águas no Oceano Pacífico Central e Oriental, auxiliando no aumento de chuvas no sul do Brasil, a formação do bloqueio atmosférico, definidos em uma área de alta pressão, que propiciou no aumento de umidade na região do RS, produzindo um grande índice de precipitação na área, e também o relevo da região que colaborou na suscetibilidade de inundações e deslizamentos, que propiciou numa conjuntura de rápido escoamento superficial das chuvas para as áreas mais baixas. Ainda, a rede de drenagem do RS, combinado com várias bacias hidrográficas, colaborou também para o aumento das inundações, como é o caso da Bacia do Guaíba que acumulou águas das chuvas de planaltos e serras (Marengo *et al.*, 2024; Martins-Filho *et al.*, 2024; Rocha *et al.*, 2024).

3.4 Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é considerada como fundamental na aplicabilidade da Hidrologia, podendo ser determinada pela presença de um espaço físico e por fatores topográficos, pela existência de um conjunto de terras com um sistema de drenagem por um rio e os seus afluentes, originadas por divisores de água que centraliza a precipitação até o ponto mais baixo, denominado como exutório (Bernardi *et al.*, 2012; Guimarães, 2017; Barrella, W. *et al.*, 2007).

As bacias hidrográficas são determinadas pelos formato, tamanho, relevo, os recursos hídricos existentes e a determinação antrópica em um território. São formadas por componentes do rio principal, os afluentes, a confluência, interflúvio, escoamento superficial e subterrâneo, o vale e o nível de base (De Oliveira, 2010), de tal modo que a integralização da bacia é originada por um sistema de drenagem onde adquirem águas subterrâneas e superficiais.

Segundo Lima e Nery (2017), a definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento foi dada a partir da publicação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, onde foi efetivado a bacia hidrográfica como uma unidade territorial para a promulgação da Política

Nacional de Recursos Hídricos e a aplicabilidade do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesse contexto, é evidenciado a importância da gestão da bacia hidrográfica por meio do Poder Público em união com a população, que beneficia na sustentabilidade dos recursos hídricos e colabora na qualidade de vida da sociedade.

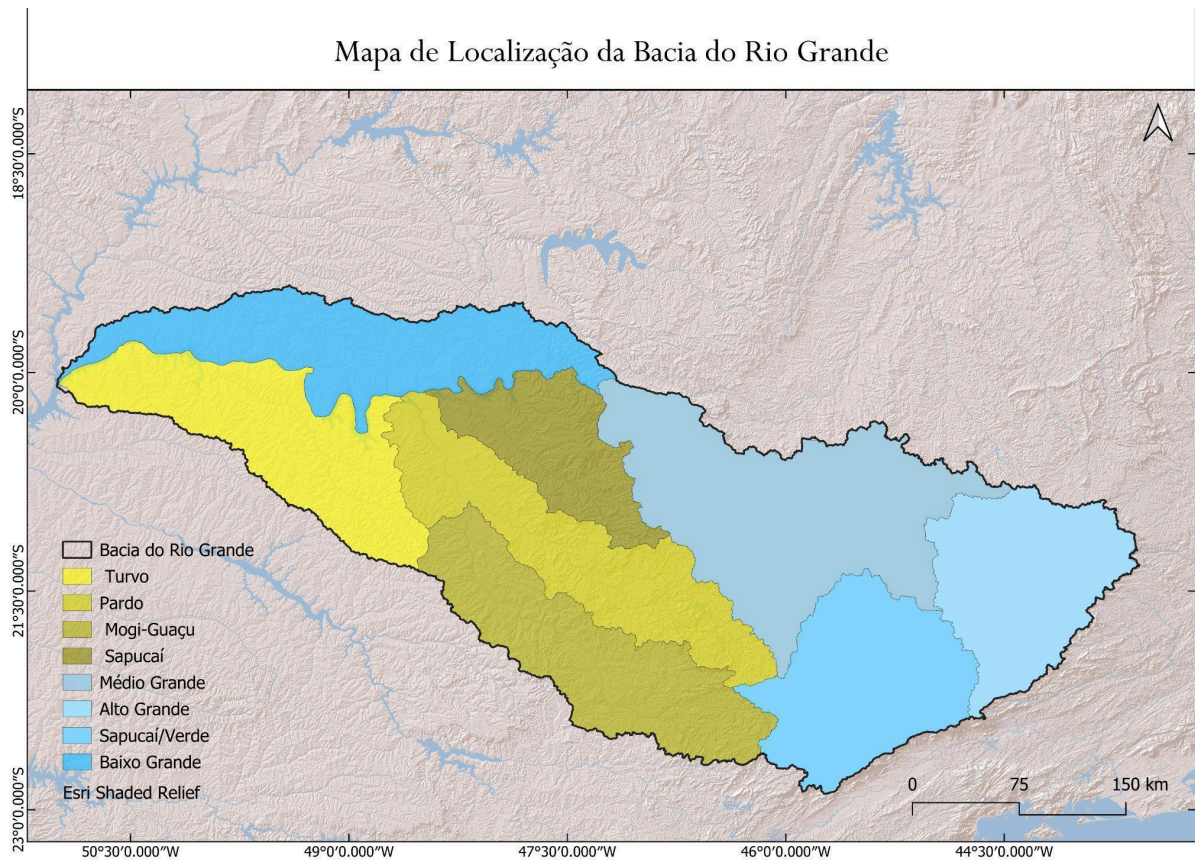
Além disso, cada estado do território brasileiro passa a gerir os recursos hídricos, de maneira a utilizar instrumentos que promovam os usos múltiplos de águas (Foleto, 2018). Os usos das águas podem ser classificados como consultivos e os não consuntivos, que respectivamente consomem águas e os que não necessariamente consomem água. Dessa forma, a bacia hidrográfica é gerida por comitês de bacias, no qual são efetivadas pelo Presidente da República, de acordo com o art. 38 da Lei nº 9.433, tendo como função a aprovação do Plano de Recursos Hídricos, a divulgação e a resolução de assuntos dos recursos hídricos e a determinação da cobrança dos usos das águas.

4. Metodologia

4.1 Localização da área de estudo

A bacia Hidrográfica do rio Grande está localizada entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, na região Sudeste do Brasil, no qual faz parte da bacia do rio Paraná, inserida nas bacias do Paraguai e Uruguai, originando a bacia do Prata. Está situada entre os paralelos de 20°06' e 21°23' com a latitude sul e os meridianos em 49°30' e 45°45' na longitude oeste (Silva *et al.*, 2003). A figura 1 apresenta a localização geográfica da bacia hidrográfica, possuindo uma extensão territorial de 143 mil km² em todo o seu entorno de drenagem.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo, a Bacia do Rio Grande.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O CBH Grande é o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, no qual faz parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que existe no Brasil desde o ano de 1988. De acordo com a CBH grande, Minas Gerais apresenta grande parte de sua drenagem inclusa na bacia, com 60,2%, e São Paulo com 39,8%. Devido às características físicas, a bacia possui uma hidrologia homogênea, baseando-se no escoamento superficial pela divisão da periodicidade das vazões da bacia e pelos atributos topográficos (Euclides, *et al.*, 2004).

A alta/média bacia do Rio Grande é composta por três unidades de relevo (Ross, 2016; Rezende *et al.*, 2018). A área é composta pelos Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste, Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná e Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná. A primeira unidade de relevo é oriunda de rochas cristalinas e pode ser encontrada entre a Serra da Mantiqueira e o Planalto do Rio Grande. Na Serra da Mantiqueira, a hipsometria se excede a 1200 metros, já o Planalto do Alto do Rio Grande é definido por morros e colinas que ultrapassam 800 metros, além de ter a presença de cristais de quartzito que excedem os 1200 metros (Rezende *et al.*, 2018).

A bacia está dividida em 14 unidades de gestão hídrica, sob a jurisdição de comitês estaduais, que são divididas conforme a gestão de cada Estado: em São Paulo as seis unidades afluentes do rio Grande são definidas pelas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos; já em Minas Gerais as oito unidades afluentes são denominadas como Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (Ana, 2022).

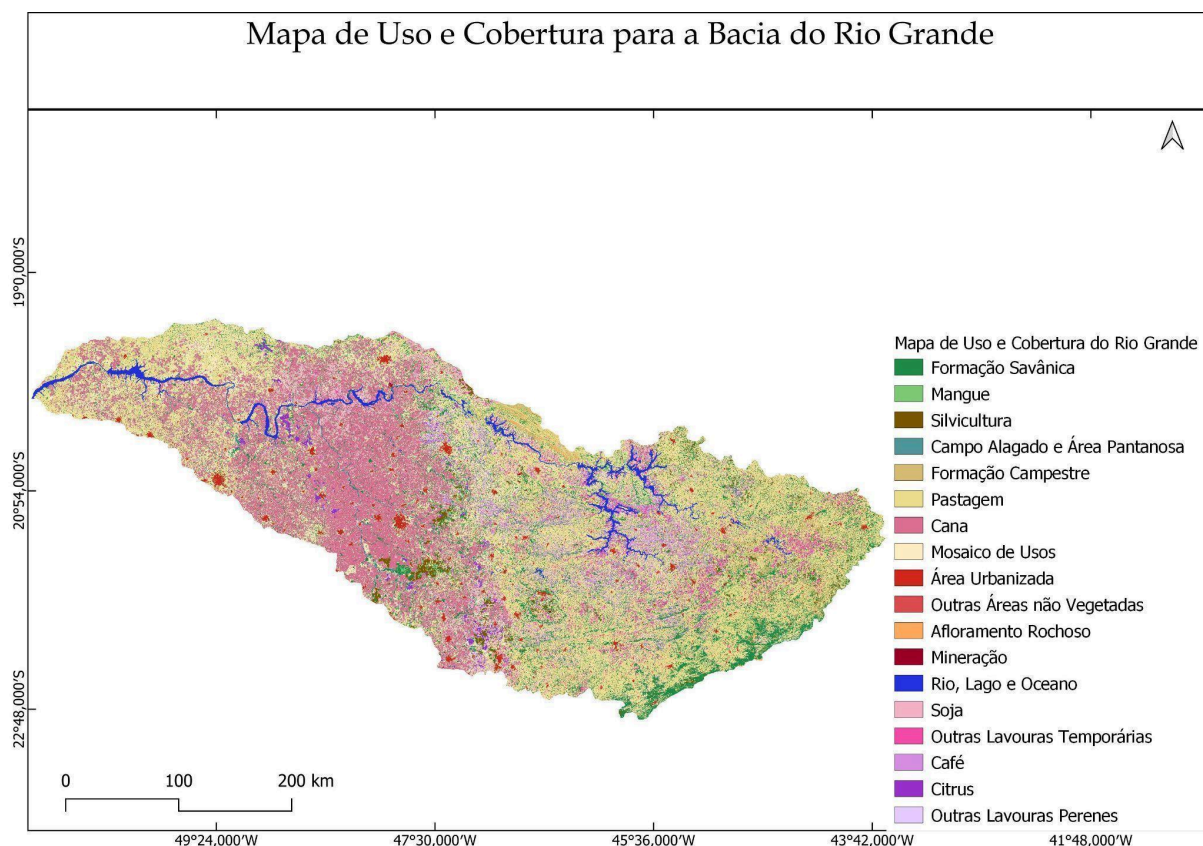
Os principais afluentes dessa bacia estão situados no Estado de Minas Gerais, caracterizadas pelos rios das Mortes, Jacaré, Pouso Alegre, Santana, Verde Feio, Cervo e Uberaba, sobre a margem direita e sobre a margem esquerda sobre os rios Aiuruoca, Sapucaí, Capivari, Machado, Verde, Turvo, Esmeril, Lambari e Ingaí, logo no Estado de São Paulo estão localizados os rios Sapucaí-Mirim, Pardo e o Mogi-Guaçu.

O clima predominante da área se configura como transição de climas quentes sob latitudes baixas e climas mesotérmicos temperados com latitudes médias; nos terrenos elevados predominam baixas temperaturas durante o inverno, possuindo duas estações determinadas: uma com estação chuvosa e a outra seca, excedendo 80% de chances de chuvas durante o inverno (Silva *et al.*, 2003).

As médias térmicas oscilam entre 16°C e 20°C, no qual o mês de julho é visto com temperaturas mais baixas, apresentando temperaturas entre 15°C e 18°C. As classificações climáticas identificadas na bacia, de acordo com a classificação Koppen são: Aw- clima tropical de savana, Cwb- verão ameno, Cwa- inverno seco e verão com índices pluviométricos altos.

O bioma da bacia hidrográfica é representado por uma diversidade de ambientes naturais, compreendendo o Cerrado e a Mata Atlântica. De acordo com o CBH grande, o Cerrado apresenta áreas areníticas reservadas sob condições de solos arenosos e de clima tropical estacional. Ademais, a vegetação é definida por árvores com casca grossa e ramificação variável. Já a Mata Atlântica demonstra ecossistemas diferentes com um agrupamento de flora variados, que conduzem as características climáticas e ambientais das áreas onde ocorrem, com plantas que se adaptam ao ambiente (Sos, 2024).

Figura 2: Mapa de Uso e Cobertura da bacia do rio Grande.



Fonte: Map Biomas.

O entendimento do uso e cobertura da bacia é essencial para análises ambientais e hidrológicas. Nesse viés, a bacia do rio Grande é representada com uma variedade de categorias de uso e cobertura classificada em formação savânica, mangues, silvicultura, campos alagados, formação campestre, pastagem, cana, mosaico de usos, área urbanizada, outras áreas não vegetadas, afloramentos rochosos, mineração, rio, lago ou oceano, soja, outras lavouras temporárias, café, citrus e outras lavouras perenes, representado pela figura 2.

4.2 Aquisição de Imagens Orbitais

Para essa pesquisa, os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), necessários para o desenvolvimento do *Hand Model*, foram adquiridos por meio do SRTM Downloader por meio do software QGIS 3.36, em que o dado de entrada com uma resolução espacial de 30 metros foi essencial para ter um detalhamento no Hand. O uso do plugin foi necessário para ter uma análise topográfica e a obtenção de dados com maior facilidade e precisão, auxiliando também em aplicações geoespaciais.

Por conseguinte, os MDE foram combinados como um mosaico, e para fazer o recorte da bacia foi utilizado o shapefile procedente do IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística. Após esse recorte, o MDE com uma resolução de 30 metros foi empregado no modelo computacional HAND MODEL.

4.3 Modelo *Hand Model*

O mapeamento da suscetibilidade à inundações da bacia hidrográfica do rio Grande foi obtido a partir do Hand Model (Height Above Nearest Drainage), que é um modelo aprimorado pelo INPE e CEMADEN que utiliza em seu mecanismo a modelagem hidrológica, capaz de ter um maior detalhamento de mapas de inundação. Dentro do HAND é utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) para a sua correção topográfica, dispondo-se determinar a direção do fluxo de água e prever o percurso das inundações. Em seguida, é determinado o fluxo de acumulação para quantificar o armazenamento hídrico do local. Por fim, é estimado a altitude de uma área tendo em vista a drenagem mais próxima.

No modelo Hand Model, após a obtenção do Modelo Digital de Elevação - MDE obtido a partir do SRTM DOWNLOADER gerado pelo QGIS, no qual as células são relacionadas a cursos d' água sem pontos de saída. De forma que, a altitude dos canais de drenagem são anulados, excluindo a capacidade de drenagem e identificando a área pelo potencial gravitacional até o sistema de drenagem, reunindo áreas com características hidrológicas similares.

No contexto da pesquisa, as características topográficas da bacia possuem uma pertinência para o estudo, por estarem situadas em áreas com declividade acentuada e em planícies de inundação. Assim, foram determinadas as áreas mais suscetíveis a alagamentos, identificadas nas sub bacias Alto Grande, Sapucaí/Verde, Mogi Guaçu, Sapucaí (SP), Turvo, Pardo (SP), Médio e Baixo Grande.

A suscetibilidade a inundações foi estabelecida por meio de altura de inundação, classificadas em intervalo de 1 a 5 metros. Por meio disso, foram confeccionados mapas de sub-bacias que permitiram detalhar a suscetibilidade utilizando o *HAND MODEL* em cinco classes determinadas em: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo.

4.4 Sistema de Informações Geográficas - SIG

Para esta pesquisa foram utilizadas ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), como: QGIS, *Google Earth Engine*, o *Hand Model* e o MapBiomias. O SIG é uma ferramenta primordial para a tomada de decisões por sua flexibilidade e acesso rápido, compreendendo nos sistemas computacionais, que garantem a sobreposição de informações espaciais da área de estudo (Elesbon, *et al.*, 2011). O Sistema de Informações Geográficas demonstra diversas funções, a depender do objetivo da pesquisa.

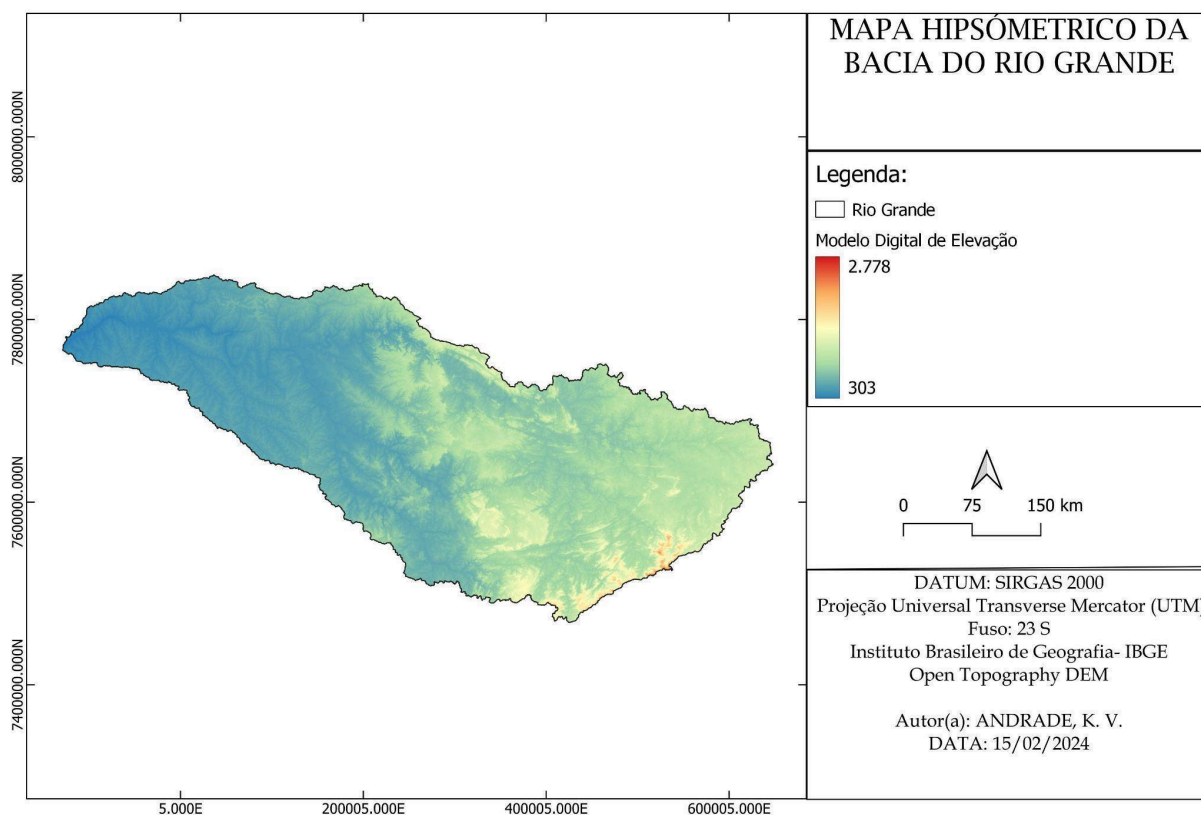
Dessa forma, os SIG'S podem ser apresentados conforme os dados espaciais e os atributos, com o intuito de garantir uma melhor análise. Os dados espaciais são representados de maneira vetorial ou matricial, no qual promovem o detalhamento de uma imagem espacial. A ferramenta é essencial para o estudo das bacias hidrográficas pois delimitam a área de estudo, propõe a gestão ambiental dos recursos hídricos, apoia nos estudos de impactos ambientais e no mapeamento de inundações.

5. Resultados e Discussão

Ao analisar as classes de uso e cobertura da terra para a bacia do rio Grande, grande parcela do território é ocupada pela agropecuária (79,22%), corpos d' água, compondo (2,40%), floresta (13,88%), área não vegetada (1,72%) e a formação não florestal (2,78%), o que evidencia a crescente urbanização pelos municípios que compõem a bacia e o aumento da ação agropecuária, sendo que a parcela da ação antrópica supera o natural, no qual estima-se que o antrópico esteja em (80,73%), já o natural em (19,07%), de forma que a ação humana provoca impactos ambientais sobre o meio ambiente, pois a população busca alterar o meio para preencher suas respectivas necessidades.

Logo, é evidenciado que a bacia hidrográfica do rio Grande apresenta uma variação altimétrica que varia entre 303 a 2.778 metros, demonstrados pela figura de maneira que os maiores pontos estão centrados na cabeceiras de drenagem e os pontos mais baixos estão concentrados próximos ao exutório, portanto a declividade varia entre plano a escarpado, representado pela figura 3.

Figura 3: Mapa Hipsométrico da bacia do rio Grande.



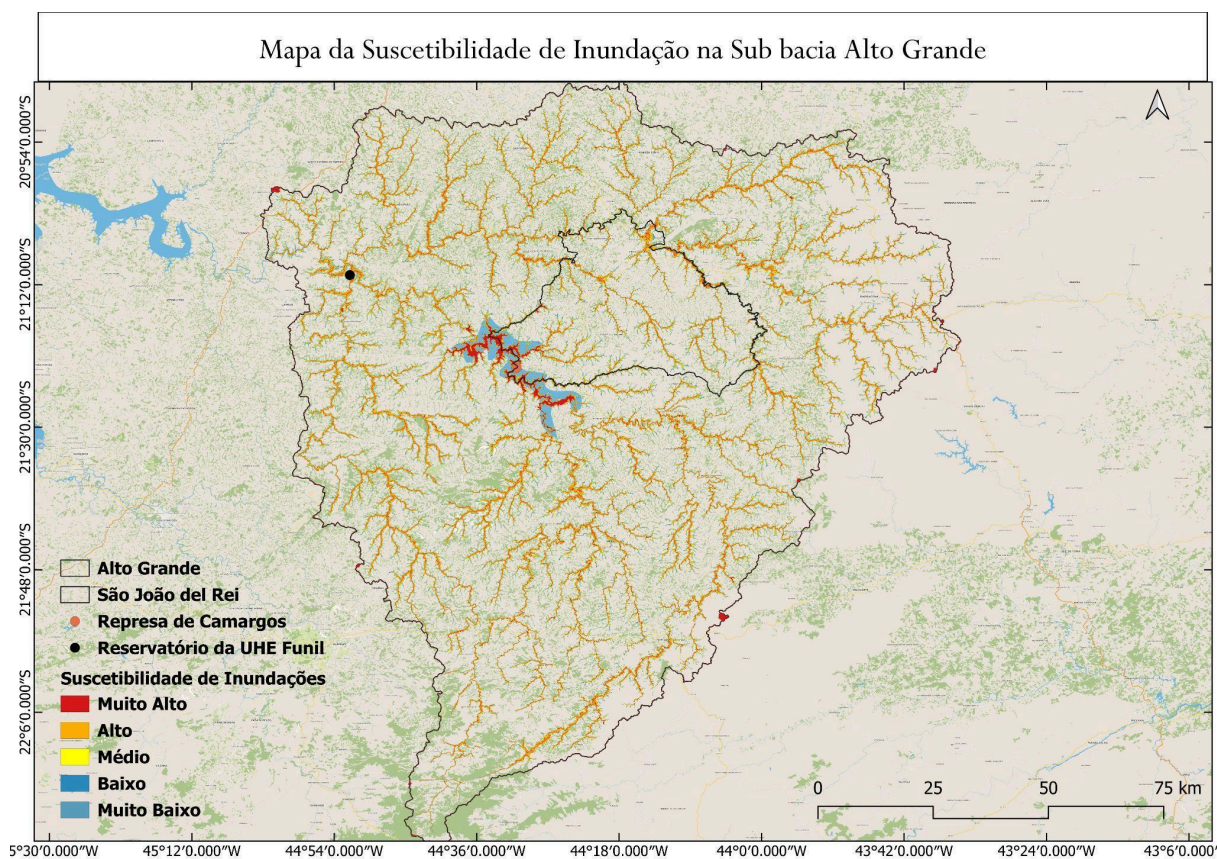
Fonte: Elaborado pela autora.

No que se refere a pedologia da bacia, há caracterização dos afloramentos rochosos, dunas, áreas urbanas, argissolo, cambissolo, chernossolo, gleissolo, latossolo, neossolo, nitossolo, organossolo, seguidos de massas de águas. Há o predomínio da área urbana sobre a bacia representada (Silva et al., 2003).

A sub-bacia Alto Grande, representada pela figura 4, possui extensão de 16,98 km², e as áreas classificadas como muito alta e alta suscetibilidade incluem 1,07 km², representando 6,28% do território. Essas áreas estão sujeitas a movimentos de massa, inundações, voçorocamento, etc. Ao realizar uma análise espacial sobre as áreas que mais estão sendo afetadas está a microrregião de São João Del-Rei e o entorno da Represa de Camargos e o Reservatório da UHE Funil. De forma que, os principais fatores para que essas áreas sejam as mais atingidas são a presença de hidrelétricas, pluviosidade anual elevada, relevo ondulado e a presença de afloramentos rochosos com baixa permeabilidade. De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2010), a sub-bacia apresenta pluviosidade anual de 1.000 mm a 1500 mm, sob condições de relevo ondulado com declividade alternando entre 8% a 20%,

com terrenos com baixa capacidade de infiltração e a presença de afloramentos rochosos com baixa permeabilidade. Além disso, esses fatores motivam o aumento da incidência de inundações pela pluviosidade anual que proporcionam o acúmulo de chuvas sobre o território, onde a declividade destacada das encostas íngremes intensificam o escoamento superficial da água das chuvas, a presença de afloramentos rochosos garantem a diminuição da infiltração da água sobre o solo e a deposição de sedimentos ao longo dos rios potencializam a suscetibilidade de alagamentos.

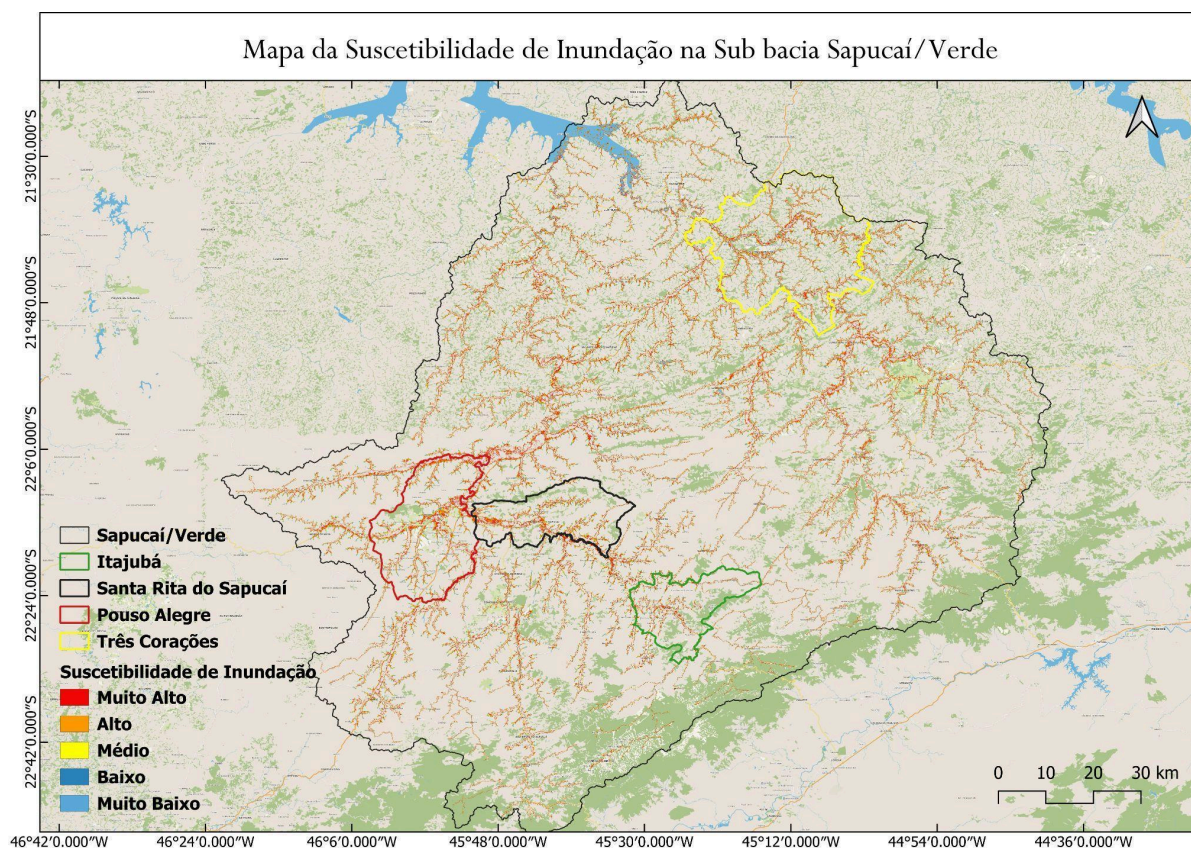
Figura 4: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Alto Grande.



A bacia hidrográfica do rio Sapucaí enfrenta desafios significativos relacionados às inundações, interferindo diretamente nos municípios como Itajubá, Pouso Alegre, Três Corações e Santa Rita do Sapucaí. A figura 5 representa a sub-bacia Sapucaí/Verde, que possui uma extensão territorial de 17.843,10 km². As áreas classificadas com suscetibilidade muito alta e alta a inundações integram 1.266,44 km², se adequando a 7,10% da área total da sub-bacia. As características físicas e hidrológicas influenciam diretamente na dinamização da bacia de drenagem, a presença da Represa de Furnas e a influência da Serra da Mantiqueira

(Marciano *et al.*,2024). Aliás, construções de edificações urbanas próximas ao leito dos rios têm contribuído para catástrofes e para o aumento das inundações, no qual os impactos antrópicos têm se intensificado.

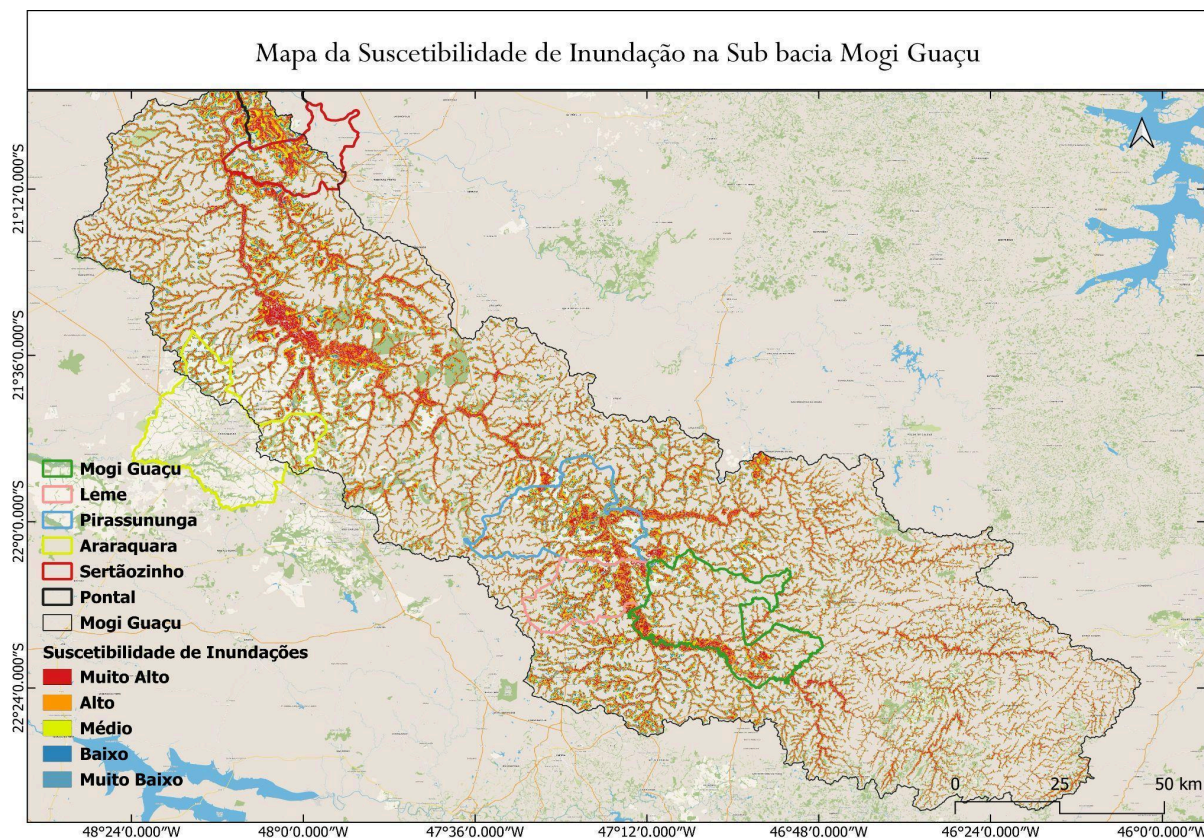
Figura 5: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Sapucaí/Verde.



A sub-bacia Mogi-Guaçu, simbolizada pela figura 6, é realçada como a maior problemática entre as áreas estudadas devido a sua ocupação territorial, situada em uma planície de inundação, descrita pelas lagoas marginais e bacias de decantação (Junior e Filho, 2005). As áreas mais afetadas incorporam os municípios de Mogi Guaçu, Leme, Pirassununga, Araraquara, Sertãozinho e Pontal. Os principais impactos ambientais estão associados aos processos erosivos e o escoamento superficial. Devido ao escoamento superficial lento, o relevo com baixa capacidade de dissecação, sistema de drenagem insuficiente e a influência da Serra da Mantiqueira dificultam a vazão de águas superficiais, aumentando a recorrência dos eventos das inundações no rio principal. A sub-bacia Mogi Guaçu possui uma extensão territorial de 19.290,72 km², com áreas consideradas inundáveis

com a classificação de suscetibilidade de muito alta e alta de 2.696,34 km², equivalentes a 13,97% da área total.

Figura 6: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Mogi Guaçu.

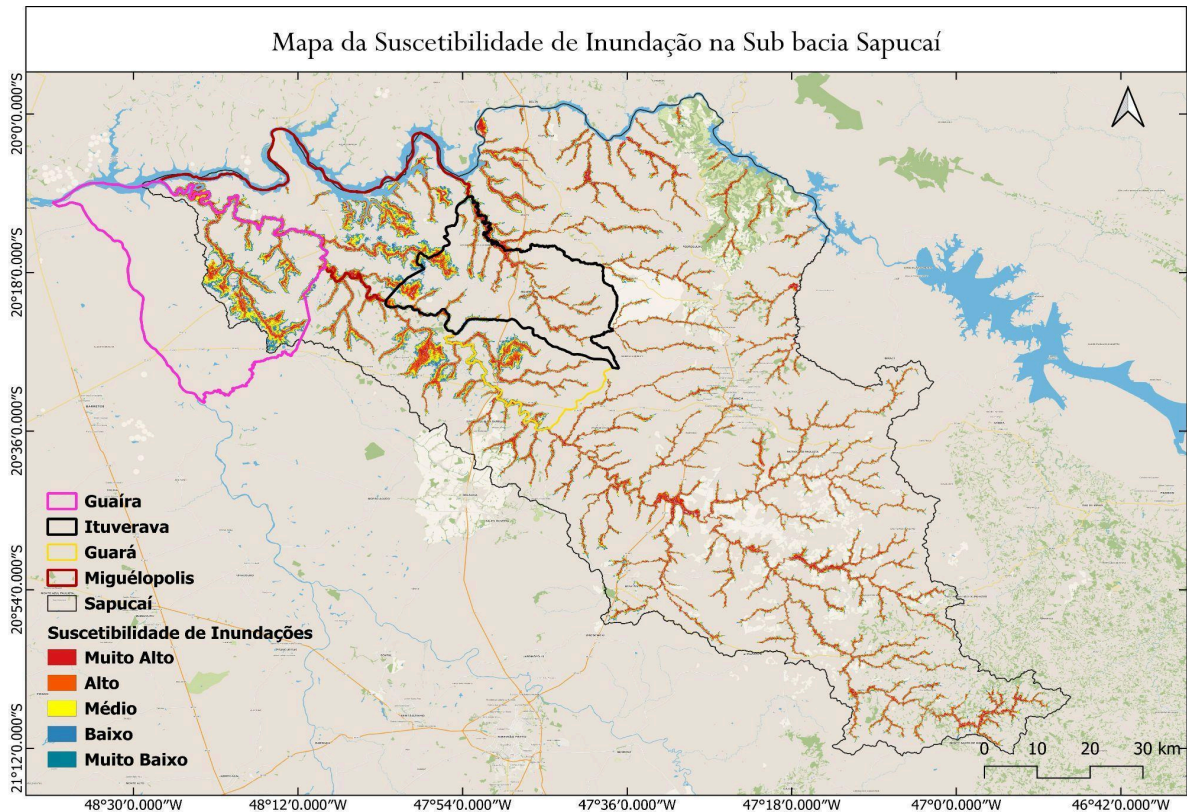


A figura 7 é representada pela sub-bacia Sapucaí, que apresenta extensão territorial de 84.092,12 km², com classificação de suscetibilidade de inundações em muito alto e alto com 1.269,33 km², correspondendo a uma faixa territorial de 1,50%. De acordo com o Ipt (2012) a sub-bacia demonstra dois tipos de planaltos, caracterizados pelo centro-ocidental paulista e residuais de Franca e Batatais. No centro-ocidental paulista a existência da hipsometria entre 300 a 600 metros, com declividades sendo menores que 20%, dissecação média a alta e densidade de drenagem sendo média a alta, colaboram para o acúmulo de água sobre as áreas mais inferiores do relevo.

Também assim, o planalto residual de Franca e Batatais se situam com hipsometria mais elevada entre 700 a 1000 metros, com declividade entre 10 a 20%, dissecação e densidade de drenagem consideradas baixas. Logo, a baixa densidade de drenagem colabora com a diminuição do escoamento superficial da água e o fato do fenômeno dos alagamentos serem

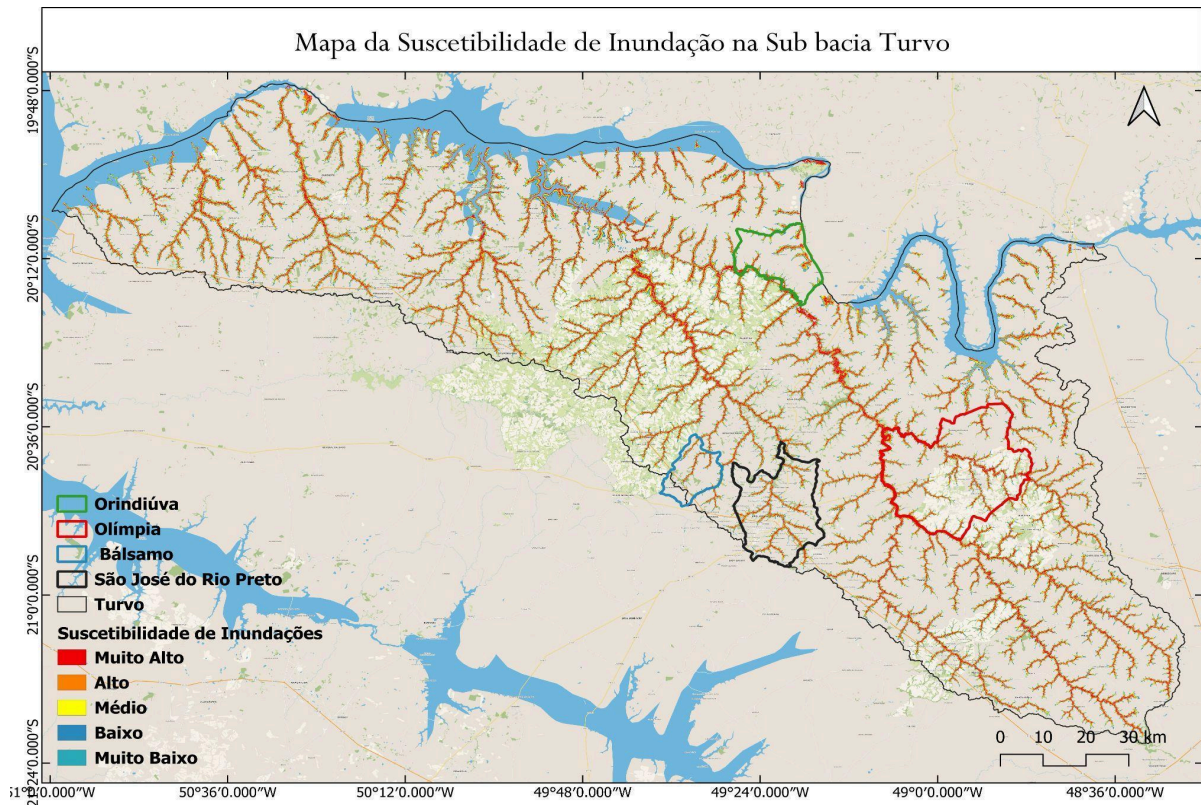
maiores devido à ocupação irregular sobre o território, de tal modo os municípios mais afetados a esses eventos são Miguelópolis, Guará, Guairá e Ituverava.

Figura 7: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Sapucaí (SP).



A figura 8 é representada pela sub-bacia Turvo, que apresenta extensão territorial de 19254.65 km². As áreas classificadas com suscetibilidade em muito alta e alta a inundações somam uma faixa de 2,268.39 km², correspondendo a 11,78% da área geográfica. De acordo com a Regea (2017), a sub-bacia apresenta predisposição para inundações no espaço urbano devido a ocupação antrópica irregular sobre as várzeas - regiões sujeitas ao transbordamento dos cursos d' água. Essa circunstância é agravada com os agentes do assoreamento, sistema de drenagem ineficaz e a sinuosidade com curvas baixas, motivos que elevam os índices de inundações sobre o território. As áreas mais afetadas por esses desastres naturais são os municípios de São José do Rio Preto, Bálsamo, Olímpia e Orindiúva.

Figura 8: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Turvo.



A figura 9 demonstra a extensão territorial da sub-bacia Pardo (SP), com área total de 19.316,54 km². As regiões classificadas com susceptibilidade muito alta e alta estimam-se em 912,97 km², representando 4,72% da sub-bacia representada. De acordo com Carvalho (2022), essa sub-bacia não apresenta elevada predisposição para a ocorrência de cheias e inundações devido ao seu agrupamento de drenagem uniforme, elevada densidade de canais de escoamento e formato alongado, qualidades que diminuem a ocorrência desses eventos. Portanto, a maior susceptibilidade de inundações estão associadas às áreas próximas às Centrais Geradoras Hidrelétricas, que são instaladas em locais de relevo acidentado, que propicia o potencial hídrico na região.

Figura 9: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Pardo (SP).



A figura 10 representa a sub-bacia Médio Grande, com faixa territorial de 30.470,19 km², dos quais 3.1688 km² são classificados com suscetibilidade muito alta e alta a inundações, representando 10,40% do território. Segundo a Agência Nacional das Águas (2017), a sub-bacia apresenta uma pluviosidade anual média de 1478 mm, com concentração das chuvas no verão. A hipsometria varia entre 500 a 1500 metros, enquanto a declividade varia entre 0 a 25 graus, salientando que há presença de relevos suavemente ondulados e ondulados. Essas definições, associadas a mudança do uso e cobertura do solo da bacia, tem modificando a impermeabilização do terreno, alterando o escoamento superficial, no qual torna a bacia suscetível a esses eventos hidrometeorológicos. As áreas mais afetadas por esses eventos são o entorno da Represa de Furnas, Represa do Peixoto, além disso os municípios de Formiga e Campo Belo.

Figura 10: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Médio Grande

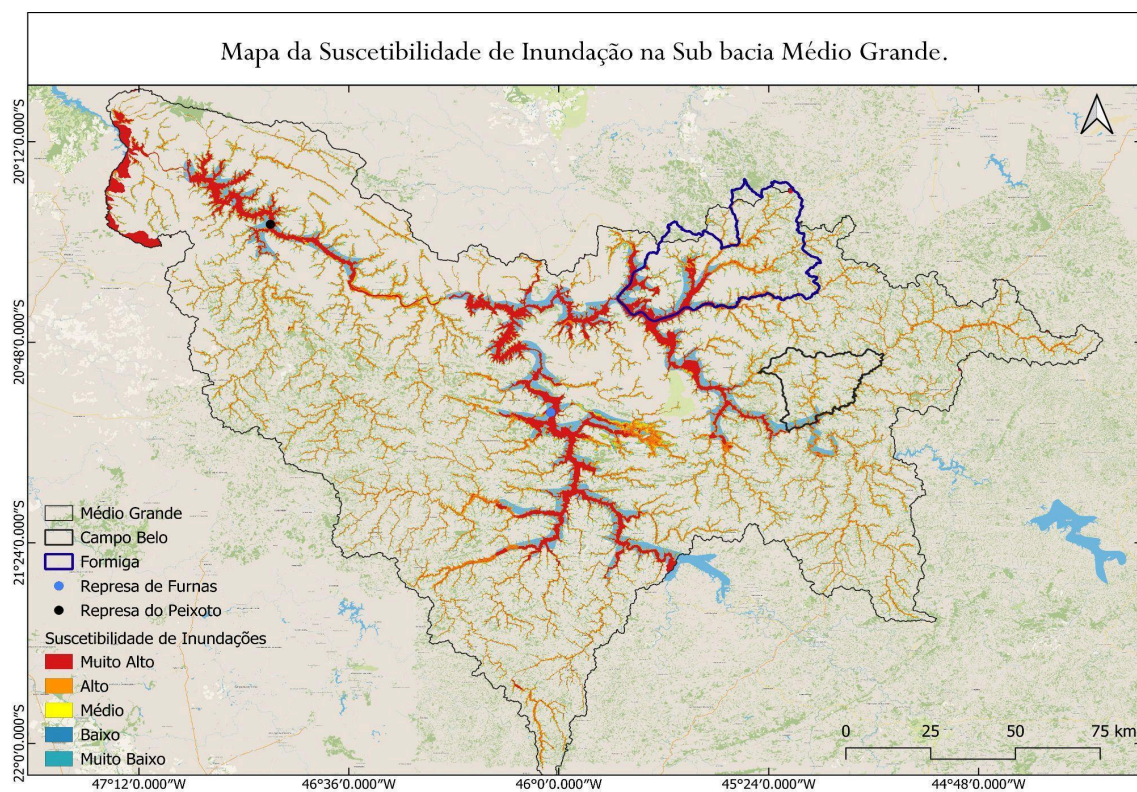
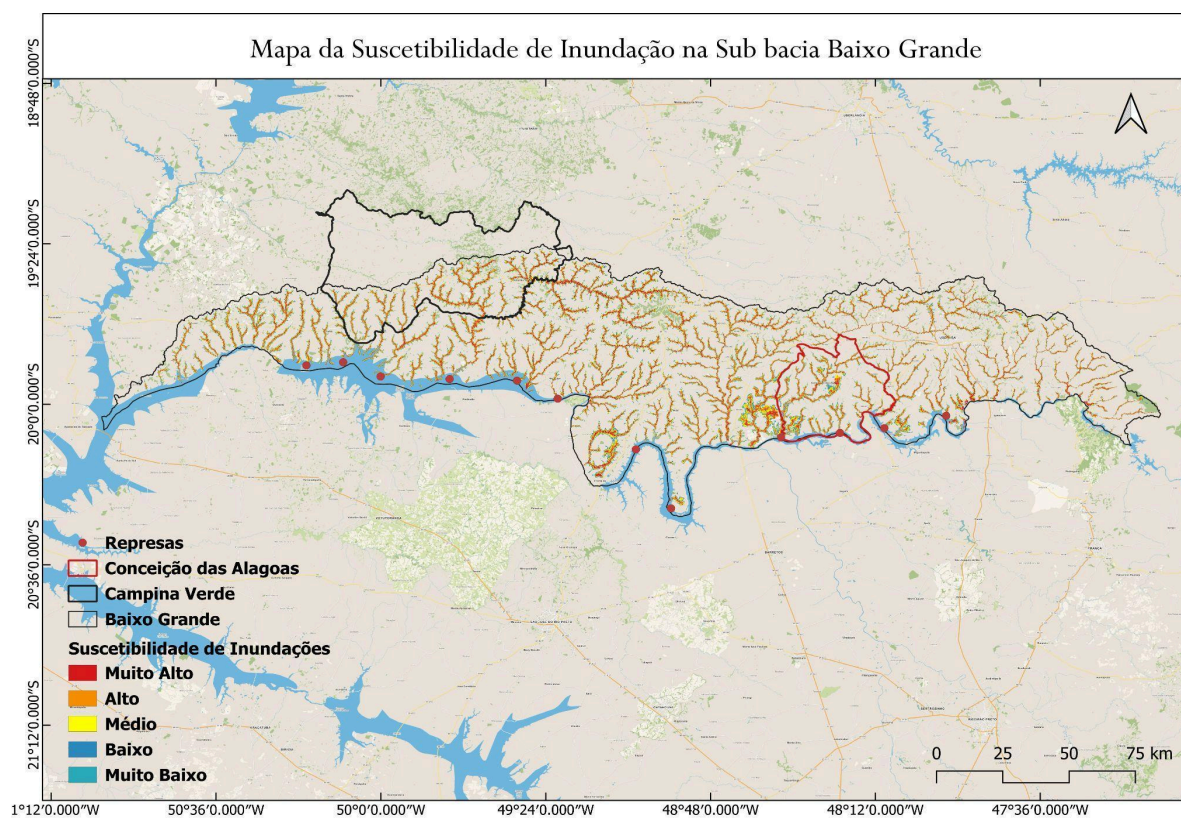


Figura 11: Mapa da Suscetibilidade de Inundação na Sub bacia Baixo Grande.



A sub-bacia do Baixo Grande, representada pela figura 11, apresenta uma área geográfica de 19.918,31 km², dos quais 2.806,59 km² (14,09%) são consideradas com suscetibilidade muito alta e alta a inundações. Essas áreas estão sujeitas a erosão, assoreamento e especulação imobiliária em áreas de recarga de aquíferos, de tal modo que a hipsometria varia entre 270 a 2670 m e a declividade entre 0 a 20° graus sobre toda a área estudada.

A área geográfica apresenta uma pluviometria anual de 1.436 mm, segundo a Agência Nacional das Águas (2017), no qual seu relevo e a topografia plana impactam no acúmulo de chuvas sobre o território, predominando em relevos planos e suavemente ondulados. As áreas mais suscetíveis a inundações compreendem o entorno das represas, o município de Campina Verde e Conceição das Alagoas.

Assim, percebe-se que a sub bacia Mogi-Guaçu é a mais suscetível a eventos naturais, devido a ocupação territorial em planícies de inundações, ao escoamento superficial lento, o sistema de drenagem ineficaz e a influência da Serra da Mantiqueira. Essa somatória de fatores geográficos e antrópicos são determinantes para o agravamento das inundações.

De outro modo, a sub-bacia Pardo (SP) é a menos suscetível a eventos meteorológicos. Esse agente se deve a bacia de drenagem ser uniforme, elevada densidade de canais de escoamento e o formato alongado da bacia, podendo-se inferir que as características geomorfológicas e hidrológicas diminuem os efeitos desses fenômenos naturais.

6. Conclusão

O estudo proporcionou o detalhamento das áreas suscetíveis a inundações da bacia do rio Grande, facilitando na identificação de áreas críticas a esses eventos. A partir dos resultados obtidos durante essa pesquisa, foi possível analisar que a área com maior suscetibilidade de inundações está situada em altitudes maiores sob o exutório da bacia e com proximidade nas margens de rios, sendo que a configuração topográfica favorece no escoamento superficial e no acúmulo de água nos pontos considerados mais reduzidos. O aumento das ações antrópicas promovem o aumento dos eventos de inundações, sob a condição de menor potencial de absorção da água retida.

Foi possível inferir que em relação a sub-bacia a mais suscetível está situada no Mogi Guaçu, caracterizada pelo escoamento superficial lento, relevo com baixa capacidade de dissecação, sistema de drenagem insuficiente e a influência da Serra da Mantiqueira. Por outro lado, a sub-bacia menos suscetível está localizada no Pardo, devido a fatores como

drenagem uniforme, elevada densidade de canais de escoamento, formato alongado e o relevo favorável.

A aplicabilidade do HAND foi essencial para uma abordagem técnica mais avançada, no qual foi utilizado para realizar o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, tendo como principal dado o MDE. Este modelo foi aplicado na bacia do rio Grande, MG - SP, pois apresenta problemas na questão das construções de hidrelétricas que proporcionam inundações. Porém, apresenta interrogações em suas classificações de suscetibilidade de inundações, pois é necessário um trabalho de campo, dados históricos e uma validação do modelo para se chegar a uma veracidade no modelo representado.

Referências Bibliográficas

ABDULA, A.; TABELA, Kátia. **Avaliação das capacidades de gestão do risco de desastres**. Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme, Phase I. Maputo, 2005.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de Ações de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Médio Grande PARH - MÉDIO GRANDE**. Agência Nacional de Águas, 318 p., nov. 2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Estudo de Cobrança de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande: Resumo Executivo**. 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de Ações de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Baixo Grande PARH - BAIXO GRANDE**. Agência Nacional de Águas, 327 p., nov. 2017.

AZAMBUJA, L. D.; RIGON, O. **Possibilidades Didáticas da Geografia Escolar a partir da temática Desastres Naturais**. Revista Ensino de Geografia (Recife), v. 2, n. 1, 2019.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. **Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão Ambiental**. Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria - DF**. Brasília, 2016. 33 f. Monografia de graduação (Disciplina Prática e Pesquisa de Campo 2), Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da

União: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470-474, 9 jan. 1997. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 3 dez. 2024.

BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A. **Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado**. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14, Anais, Rio de Janeiro: CD-ROM, 2013.

BRUSEKE, F. J. Risco e Contingência . **Revista Brasileira de Ciências Sociais**- Vol. 22, Nº63, 2007.

CARDOZO, F. D. S. **Análise das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do Rio Forquilhas, São José / SC**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

CARVALHO, D. S.; SOUZA, D. S. L.; MIRA, Í. R. C.; SILVA, M. L. **Análise morfométrica da Bacia do Alto Médio Rios Mogi Guaçu e Pardo, Sul de Minas Gerais**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 13, n. 5, maio de 2022.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998, 191 p.

CEMADEN. Educação em clima de riscos de desastres, **Programa Cemaden Educação**, São José dos Campos/SP, junho de 2023

CENSO. **População rural e urbana - Atlas Geográfico Escolar - IBGE**. 2010. Disponível em: <<https://atlasescolar.ibge.gov.br/brasil/urbanizacao/21912-populacao-rural-e-urbana>>.

CEPED. **Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.

CEREZINI, M. T.; CASTRO, C. N. D. **Mudanças climáticas: desafios para a adaptação nas regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília, DF: Ipea, abr. 2024. 43 p. (Texto para Discussão, n. 2993). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2993-port>.

COPASA. **Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí: Resumo Executivo**. Belo Horizonte: COPASA, 2010. 245 p.

COUTINHO, R. Q. **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Recife: Ministério das Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies – GEGEP; DECivil, 2013. 376 p. (Documento Técnico).

- CUNHA, J. M. P. **Um sentido para a vulnerabilidade sociodemográfica nas metrópoles paulistas**. R. bras. Est. Pop., Campinas, v. 21, n. 2, p. 343-347, jul./dez. 2004..
- DE FREITAS, C. M.; SILVA, D. R. X.; DE SENA, A. R.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; DE CARVALHO, M. L.; MAZOTO, M. L.; BARCELLOS, C.; COSTA, A. M.; OLIVEIRA, M. L. C.; CORVALÁN, C. Desastres Naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014.
- DE OLIVEIRA, D. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, v.20, p.37-50, 2010.
- DIAS, R., MATOS, F. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista Sociedade Científica**, v.6, n 1, 2023.
- DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, 2012. p.29-77.
- DO CARMO, M. E.; GUIZARDI, F. L. O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. **Cad. Saúde Pública**; 34(3):e00101417, 2018.
- ELESBON, A. A. A.; GUEDES, H. A. S.; DA SILVA, D. D.; OLIVEIRA, I. D. C. E. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus - Brasil. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 64(3), 281-288, jul. set. | 2011.
- EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FILHO, R. F. F. Atualização dos estudos hidrológicos nas bacias hidrográficas dos rios Grande e Piracicaba/Jaguari em Minas Gerais. **VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. São Luís-MA, nov/dez de 2004.
- FABER, M. A importância dos rios para as primeiras civilizações. **História ilustrada**, v. 2, 2011.
- FELTRIN, T. F.; JUNIOR, A. A. R. Logística Humanitária como função determinante para mitigar danos causados por desastres, In: **XIII Safety, Health and Environment World Congress**, Porto, Portugal, 2013.
- FILHO, A. G. D. A.; BRIK, E. M. J.; SANDAKA, G. Manancial alagados- Análise evolutiva dos hidrogramas de enchente para vários cenários de ocupação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, V. 4, No . 2, Ago/2012.

FOLETO, E. M. O contexto dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. *Geoambiente*, v.30, p. 39-59. Disponível em:

<https://doi.org/10.5216/revgeomb.v0i30.52823>. Acesso em: 3 dez de 2024, 2018.

FREIRE, N. C. F.; DO BONFIM, C.V.; NATENZON, C. E. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil.

Ciência & Saúde Coletiva, v. 19, p. 3755-3762, 2014

GARCIA, Paula Márcia Brasil; AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha;

CASAGRANDE, Pedro Benedito. Índice Geomorfológico como subsídio ao planejamento urbano. **Mercator (Fortaleza)**, v. 19, p. e 19003, 2020.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **Revista do Regne**, v. 4, p.1-13, 2018.

GREENFIELD, E. Efeitos da urbanização no meio ambiente. **Sigmaearth**, 21 fevereiro de 2024.

GROSTEIN, M. D. Metrópole e Expansão Urbana: a persistência de processos

“insustentáveis”. **São Paulo em Perspectiva**, 15(1) 2001.

GUIMARÃES, R. C. (2017). Capítulo 2 - Bacia Hidrográfica. In: Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). **Hidrologia Agrícola**, 2ª edição. ISBN: 978-989-8550-40-8. ECT e ICAAM. Évora, 5-22.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Plano Diretor de Recursos Hídricos, Bacia Hidrográfica do Rio Grande, Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos, Volume I. Belo Horizonte. 593 p, 2010.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Anexo B1 - Dossiê das unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo - UGRHIS, Relatório Técnico nº 131.057-205 – B1-1/189, São Paulo, IPT, 2012.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, **In: Engineering Geology**, V. 102, Issues 3–4, Pages 85-98, 2008.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, Meio Ambiente e Vulnerabilidade Social. **Boletim regional, urbano e ambiental**, 05 jun.2011.

JULIÃO, NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; Zêzere, J. L. Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil;

Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009. Disponível em:

https://cnt.dgterritorio.gov.pt/system/files/ren_documentacao_tecnica/guia_metodologico_SI_G.pdf. Acesso em: 07 de dez. 2024.

JUNIOR, S. C.; FILHO, A. P. Riscos ambientais na bacia do Rio Mogi Guaçu: Proposta Metodológica. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 30, n. 2, p. 347-363, mai./ago. 2005.

KOBIYAMA, M; MENDONÇA, M; MORENO, D. A; MARCELINO, I. P. V. O; MARCELINO, E. V; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. 2006. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Curitiba: **Ed. Organic Trading**, 2006.

LIMA, A. J. R.; NERY, J. T. Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 726-738, 2017.

MARCHEZINI, V.; CUNNINGHAM, C.; DOLIF, G.; CAMARINHA, P. I.; ODA, P.; LACERDA, R. O que são eventos extremos? Uma reflexão sobre as diferentes perspectivas do termo, **Revista ClimaCom, Desastres** | pesquisa – ensaios | ano 10, no. 25, 2023.

MARCIANO, A. G.; ODA, P. S. S.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M.; CANDIDO, H. O. S. A. Mapeamento de áreas de inundação do rio Sapucaí no município de Santa Rita do Sapucaí - MG. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.17, n.4, 2930-2949, 2024.

MARENGO, J. A.; DOLIF, G.; CUARTAS, A.; CAMARINHA, P.; GONÇALVES, D.; LUIZ, R.; SILVA, L.; ALVALA, R.C. S.; SELUCHII, M. E.; MORAES, O. L.; SOARES, W. R.; NOBRE, C. A. O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril - maio de 2024. **Estudos Avançados**, 38 (112), 2024

MARTINS-FILHO, P. R.; CRODA, J.; ARAÚJO, A. A. D. S.; CORREIA, D.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J. Catastrophic Floods in Rio Grande do Sul, Brazil: The Need for Public Health Responses to Potential Infectious Disease Outbreaks, **Journal of the Brazilian Society of Tropical Medicine**, doi Vol.:57 | (e00603-2024) | 2024.

Ministério das Cidades. 2013. **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. [S.l.]. Disponível em: <https://soniaa-arq.prof.ufsc.br/arq1206/20113/barbara/05.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2024.

Ministério da Integração Nacional. **Política Nacional de Defesa Civil**, Brasília, 2007.

SANTOS, V. M. D. A.; EIGOLIN-SÁ, O.; NETO, E. M. C. Recursos pesqueiros na concepção dos pescadores do reservatório de Furnas, estado de Minas Gerais, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 4, p. 135-145, 2010.

SILVA, B.C; TIAGO FILHO, G.L; SILVA,A.P.M; DE PAULO, R.G.F. Regionalização de vazões da bacia do Rio Grande. **In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 2003.

REGEA - GEOLOGIA, ENGENHARIA E ESTUDOS. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Turvo/Grande (UGRHI 15)**. São José do Rio Preto: CBH-TG, 2017.

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; CASTRO, P. D, T. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos Rios Grande e São Francisco no Sudeste Brasileiro. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v.19, n.3 (Jul-Set) p.483-501, 2018.

ROCHA, R. P.; REBOITA, M. S.; CRESPO, N. M.; Análise do evento extremo de precipitação ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024, **Journal Health NPEPS**.; 9(1):e 12603, 2024.

RODRIGUES, A. L. D. Educação Ambiental como instrumento de prevenção aos desastres naturais. 2008. 59 f. Monografia (Mestrado em Educação Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/14466/TCCE_EA_2008_RODRIGUES_ANDR E.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 de dez. 2024.

ROSS, J. L. S. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. 1, p. 21-58, 2016.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, V.2, n.1, 2012, p.79-97.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Projetos SOS - Sustentabilidade**. 2006. Disponível em: <http://www.sosmatatlantica.org.br>. Acesso em: 15 abril, 2024.

ZACHARIAS, A., Teixeira, A. L., Ventrini, S. E., Ferreira, A. B. R., & Santos, T. G. (2021). A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes

urbanos suscetíveis à inundação. **Revista do Departamento de Geografia**, *41*, e177185-e177185.