

**/UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ANA MARIA MARMILLE AGOSTINHO**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA, GEOMORFOLOGIA E  
USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO– SP**

São Paulo

2025

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA, GEOMORFOLOGIA E  
USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO– SP**

Trabalho de Graduação Individual (TGI)  
apresentado ao Departamento de Geografia da  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências  
Humanas, da Universidade de São Paulo, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Bacharel em Geografia

Aluna: Ana Maria Marmille Agostinho

Orientador(a): Dra. Bianca Carvalho Vieira

São Paulo

2025

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação

**Aa** Agostinho, Ana Maria Marmille  
Análise da Relação entre Movimentos de Massa,  
Geomorfologia e Uso do Solo no Município de São  
Sebastião (SP). / Ana Maria Marmille Agostinho;  
orientador Bianca Carvalho Vieira - São Paulo, 2025.  
40 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Desastres Naturais. 2. Serra do Mar. 3. Escorregamentos . I. Vieira, Bianca Carvalho, orient. II. Título.

Dedico todo meu sucesso a meus pais,  
Vicente e Maria, que, entre dificuldades,  
me guiaram com amor, sempre oferecendo  
abrigo e esperança.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Vicente e Maria, que sempre estiveram ao meu lado, compartilhando meus sonhos e me apoiando em cada passo do meu caminho.

Ao meu irmão, Edegar, pelo companheirismo incondicional e pela força que sempre me deu nos momentos de incerteza e dificuldade, não só durante a pesquisa, mas em toda a minha vida.

À minha orientadora, Bianca Carvalho Vieira, pela generosidade de seus ensinamentos, pela confiança e pelo apoio ao longo da minha graduação.

À minha querida amiga Laura, por tudo que me ensinou, pelos conselhos valiosos e pela amizade que começou no meu primeiro dia em São Paulo, com a qual conseguimos juntas alcançar nossos objetivos e sonhos.

Aos meus amigos da graduação, Igor, Filipe, Sofia e Lucas, por todos os anos de amizade, por cada risada e indicação. A jornada acadêmica sem vocês não teria sido a mesma.

Ao professor Tiago Martins, pela valiosa ajuda na elaboração dos gráficos e tabelas, além de todo apoio que me ofereceu.

Aos parceiros do GPMorfo, por toda a colaboração na realização desta pesquisa, principalmente no trabalho de campo.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, fundamental para a realização de grande parte desta pesquisa.

AGOSTINHO, ANA MARIA MARMILLE (2025) Análise da Relação entre Movimentos de Massa, Geomorfologia e Uso do Solo no Município de São Sebastião (SP). Trabalho de Graduação Individual. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo.

Os movimentos de massa são processos naturais de evolução da paisagem, que podem apresentar uma ameaça a populações e infraestruturas expostas. No Brasil, cabe ao governo a legislação a respeito de promover práticas que protejam a população frente aos riscos encontrados. O município de São Sebastião, no dia 19 de fevereiro de 2023 foi afetado por movimentos de massa generalizados, ocasionando a morte de 64 pessoas, durante um evento pluviométrico extremo (683 mm/ 15h). O objetivo deste estudo foi identificar os principais aspectos geomorfológicos e sua relação com os movimentos de massa e os danos gerados por estes processos no perímetro urbano do município de São Sebastião. Neste trabalho, foram analisados dados referentes à pedologia, litologia e uso e ocupação local, aferindo sobre a distribuição de cada classe no perímetro do município, a concentração de cicatrizes e o potencial de escorregamentos. O resultado obtido mostra a importância da litologia e da pedologia para tornar uma área suscetível a deslizamentos, uma vez que grandes porcentagens das cicatrizes se encontraram em uma mesma classe, como o caso dos Complexos Costeiros na litologia e dos Cambissolos, na pedologia (cerca de 95%). Os resultados obtidos podem ajudar na análise de áreas com risco para próximos estudos e para a sociedade, no desenvolvimento da cidade, reduzindo perdas tanto materiais quanto humanas.

Palavras-chaves: Desastres Naturais, Serra do Mar, Escorregamentos

AGOSTINHO, ANA MARIA MARMILLE (2025 Analysis of the Relationship Between Mass Movements, Geomorphology, and Land Use in São Sebastião (SP). Trabalho Individual de Graduação. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo

Mass movements are natural processes that shape landscapes, but they become a serious risk to life when they occur near urban areas. In Brazil, it is the responsibility of the national government to create laws and promote practices that protect the population from these risks. On February 19, 2023, São Sebastião was severely impacted by widespread mass movements during an extreme rainfall event, with 683 millimeters of rain in just 15 hours, leading to the tragic loss of 64 lives. This study aimed to identify the key geomorphological factors and their connection to mass movements and the damage they caused in the urban area of São Sebastião. Data on soil types, geology, and land use were analyzed, focusing on how each factor is distributed within the municipality, where scars from landslides are concentrated, and the potential for future slides. The results show how important the geology and soil types are in making areas more prone to landslides, as a large percentage of scars were found in areas with similar characteristics, like Coastal Complex geology and Cambisol soils (around 95%). The findings can help in identifying areas at risk for future studies and aid in the development of the city in a way that minimizes both material and human losses.

Keywords: Natural Disasters, Serra do Mar, Landslides

## SUMÁRIO

2. EMBASAMENTO TEÓRICO .....	12
<b>2.1 Movimentos De Massa.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Fatores condicionantes geológico e geomorfológicos e agente deflagrador .....</b>	<b>17</b>
3. ÁREA DE ESTUDO .....	19
<b>3.1 Serra Do Mar.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 São Sebastião.....</b>	<b>21</b>
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
5. RESULTADOS .....	24
<b>5.1 Aspectos Físicos (Pedologia e Litologia) .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Aspectos Sociais (Uso e Ocupação do Solo) .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3 Vila do Sahy .....</b>	<b>35</b>
6. Conclusões.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Deslizamento ocorrido em 2023 no município de São Sebastião. Fonte: O globo, 2023. Disponível em: < <a href="https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2023/02/apos-tragedia-sao-sebastiao-tenta-evitar-que-moradores-voltam-a-areas-de-risco.ghtml">https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2023/02/apos-tragedia-sao-sebastiao-tenta-evitar-que-moradores-voltam-a-areas-de-risco.ghtml</a> >.....	12
Figura 2: (a) Tipos de escorregamentos (translacionais rasos e rotacionais profundos) (b) escorregamentos rasos no Rio de Janeiro, (c) Escorregamentos rotacional em São Luiz do Paraitinga. Fonte: Modificado de Bierman and Montgomery (2014) (a) , GEORIO (b) e IPT (c).....	14
Figura 3: Escorregamentos rasos deflagrados na Serra do Mar fluminense em 2011. Fonte: Bianca Vieira.....	16
Figura 4:Município de São Sebastião. Fonte: Sociedade Geológica Brasileira (SBG).....	22
Figura 5: Sobreposição do mapa de unidades pedológicas e as cicatrizes de 2023. ....	25
Figura 6: Percentual da distribuição das unidades pedológicas do município. ....	25
Figura 7: Concentração das cicatrizes por unidades pedológicas.....	26
Figura 8: Potencial de Escorregamento por unidade pedológica. ....	26
Figura 9: Sobreposição do mapa de unidades litológicas e as cicatrizes de 2023. Fonte: IBGE , GPmorfo- USP e SGB - Mapa geológico do Estado de São Paulo) NPa_gamma_1lpp: Pico do papagaio, complexo granítico NPa_gamma_1st: São Sebastião, granito NPccgb: Complexo costeiro, unidade de gnaisses bandados NPccgm: Complexo costeiro, unidade granito gnaissica migmatica NPccgp: Complexo costeiro, unidade de gnaisses peraluminosos Q2a: Depósitos aluvionares Qdi: Depósitos detriticos indiferenciados Qli: Depósitos litorâneos indiferenciados .....	28
Figura 10: Percentual da distribuição das unidades litológicas do município. Fonte: SGB .....	29
Figura 11: Concentração das cicatrizes de acordo com a pedologia local. Fonte: SGB e GPmorfo- USP .....	29
Figura 12: Potencial de escorregamento em relação a Litologia local. Fonte: SGB e GPmorfo- USP. 30	30
Figura 13: Unidades de Uso e Ocupação do Solo de São Sebastião. Fonte: MapBiomas .....	31
Figura 14: Percentual da distribuição das unidades de uso do solo do município. ....	31
Figura 15: Concentração das cicatrizes de acordo com o uso do solo. ....	33
Figura 16: Potencial de escorregamento em relação ao uso e ocupação local. ....	33
Figura 17: Imagens referentes aos deslizamentos ocorridos no bairro Cambury (a) Cicatriz resultado de escorregamentos rasos. b) Construção de contenção próximo a um condomínio residencial. c) escorregamento que atingiu parte do condomínio. d) área deslizada e barreiras de concreto. Fonte: Tiago Martins .....	34
Figura 18: Imagens referente ao bairro Paraíso. a) obras de contenção de um escorregamento de 2023. b) detalhe da obra de contenção junto às residências. c) escorregamentos ocorridos em uso de Formação Vegetal. d) detalhe das ocupações e da cobertura vegetal. Fonte: Tiago Martins.....	35
Figura 19: Localização Vila do Sahy. Fonte: IBGE.....	36
Figura 20: Unidades pedológicas de Vila do Sahy e seus arredores. Fonte: IBGE.....	37
Figura 21: Unidades de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Sahy. Fonte: MapBiomas .....	38
Figura 22: Unidades de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Sahy. Fonte: MapBiomas .....	38
Figura 23: Vila do Sahy - São Sebastião, 2024 . a) Bairro Vila do Sahy. b) Barreiras para mitigar os danos causados por deslizamentos. c) Gaiolas de gabião onde se encontrava a antiga pousada afetada pelo evento. d) Cobertura vegetal próxima ao bairro, apresentando cicatrizes. Fonte: Tiago Martins.	39

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos modeladores do relevo assumem grandezas distintas, chamadas de magnitudes, e uma frequência de tempo distintas e variáveis, atuando na transformação da paisagem (VIEIRA; GRAMANI, 2015). Os movimentos de massa são conhecidos pelo seu potencial de rápida ação de transformação da paisagem e pelos seus cenários catastróficos, afetando as populações locais (MARTINS et al., 2020). No Brasil, o ambiente com maior incidência de movimentos de massa é a Serra do Mar e seus estudos mais aprofundados se iniciaram na década de 1920, após acidentes nos morros de Santos, em 1928 e em 1929 após fortes chuvas darem início a um processo de deslizamento e impedindo o tráfego sobre a estrada de ferro Santos- Jundiaí (VIEIRA; GRAMANI, 2015). Entender qual o tipo específico de deslizamento é importante para se criar medidas de mitigação para diminuir seus danos. Seu tipo determinará a velocidade dos possíveis efeitos e a distância que será deslizado. (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008)

No Brasil, desastres relacionados aos movimentos de massa são potencializados pela ação humana, como por exemplo, por meio de cortes no relevo para moradia e estradas e de modo geral, são pequenos os números de programas locais para redução dos acidentes (FERNANDES; AMARAL, 1996).

O país desfruta de políticas Federais, Estaduais e Municipais para a realização de políticas públicas de prevenção e mitigação de desastres. Conta com órgãos da Defesa Civil, para estabelecer programas prioritários para o mapeamento de riscos, visando reduzir e trazer respostas para desastres, além da reconstrução das áreas afetadas (BROLLO et al. 2009). Na esfera federal, age através do Ministério das Cidades e a secretaria nacional de programas urbanos, que tem como objetivo melhorar as condições de habitações e incentivar os municípios na criação de programas na prevenção de riscos (BROLLO et al. 2009). Na esfera estadual, no Estado de São Paulo, as políticas são orientadas para alertas baseados em índices pluviométricos críticos e ações preventivas para a ocupação dessas áreas. (BROLLO, et al. 2009). E por fim, a esfera municipal, que é onde os problemas de fato ocorrem e sua função é estruturar as vias da defesa civil, ligada à esfera estadual através da coordenadoria municipal (BROLLO et al. 2009).

O município de São Sebastião, localizado no litoral norte do estado de São Paulo, foi atingido no dia 19/02/2023 por movimentos de massa generalizados após um longo período de chuvas, levando 64 pessoas a óbito e uma em Ubatuba, município adjacente (**Erro! Fonte de**

**referência não encontrada.**). O bairro mais afetado, Vila Sahy, possui predominantemente ocupação em encostas onde a população começa a habitar no início nos anos 1990, com imigrantes principalmente nordestinos e fica localizado entre os bairros Juquehy e Praia da Baleia, nas margens da rodovia Rio-Santos (SP-101), com uma área total de 110.612 m<sup>2</sup> (G1, 2023). Seus moradores, são no geral, trabalhadores das casas de alto padrão dos bairros próximos e de hotéis, além de vendedores ambulantes (G1, 2023). Nos dias que ocorreram os deslizamentos, foram registrados 683 milímetros de chuva em menos de 15 horas, sendo o maior evento registrado história moderna do Brasil (MARENGO, et al 2024).

As áreas mais afetadas pelos deslizamentos são pertencentes a dois domínios geológicos-geomorfológicos distintos: a planície litorânea e a Serra do Mar, onde pela sua história evolutiva, os processos de movimentação de massa são bastante comuns (DARÉ, 2024). É observado que a ocorrência dos deslizamentos é uma combinação dos fatores de origem climáticas e a ação antrópica, implicadas por uma desigualdade social e espacial presente na localidade (VIEIRA et al., 2023).

A complexidade da questão e o crescimento de moradias irregulares e ocupação inadequada das vertentes são problemas sociais e ambientais. Dessa forma, **o objetivo central foi identificar os principais aspectos geomorfológicos e urbanos e sua relação com os movimentos de massa e os danos gerados por estes processos no perímetro urbano do município de São Sebastião.**



*Figura 1:* Deslizamento ocorrido em 2023 no município de São Sebastião. Fonte: O globo, 2023. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2023/02/apos-tragedia-sao-sebastiao-tenta-evitar-que-moradores-voltem-a-areas-de-risco.ghtml>>

## 2. EMBASAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Movimentos De Massa

Movimentos de massa consistem no deslocamento encosta a baixo de materiais devido a ação da gravidade e agentes condicionantes, que podem ser naturais ou antrópicos. Sua principal área de atuação são relevos íngremes e montanhosos, ligados ao clima e corpos hídricos (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). São estudados devido à sua importância na modificação de paisagens, mas também pelas suas implicações econômicas e sociais (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Os movimentos são agravados por vários fatores condicionantes tanto naturais, como o relevo, vegetação, características da rocha e do solo, lençol freático e clima, quanto antrópicos, podendo citar a retirada da cobertura vegetal, cortes e aterros inadequados e mau uso do solo (OLIVEIRA 1998). No Brasil, o primeiro relato de um deslizamento ocorreu na Bahia, no ano de 1671, na cidade de Salvador (AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998)

São movimentados principalmente rocha, solo (partículas com granulometrias mais baixas - areia, silte e argila) e detritos. Eles ocorrem em uma quantidade muito maior do que é apresentado nas manchetes e mídias, porém só ganham destaque quando causam danos a populações humanas, passando despercebida em áreas afastadas e sem vítimas (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

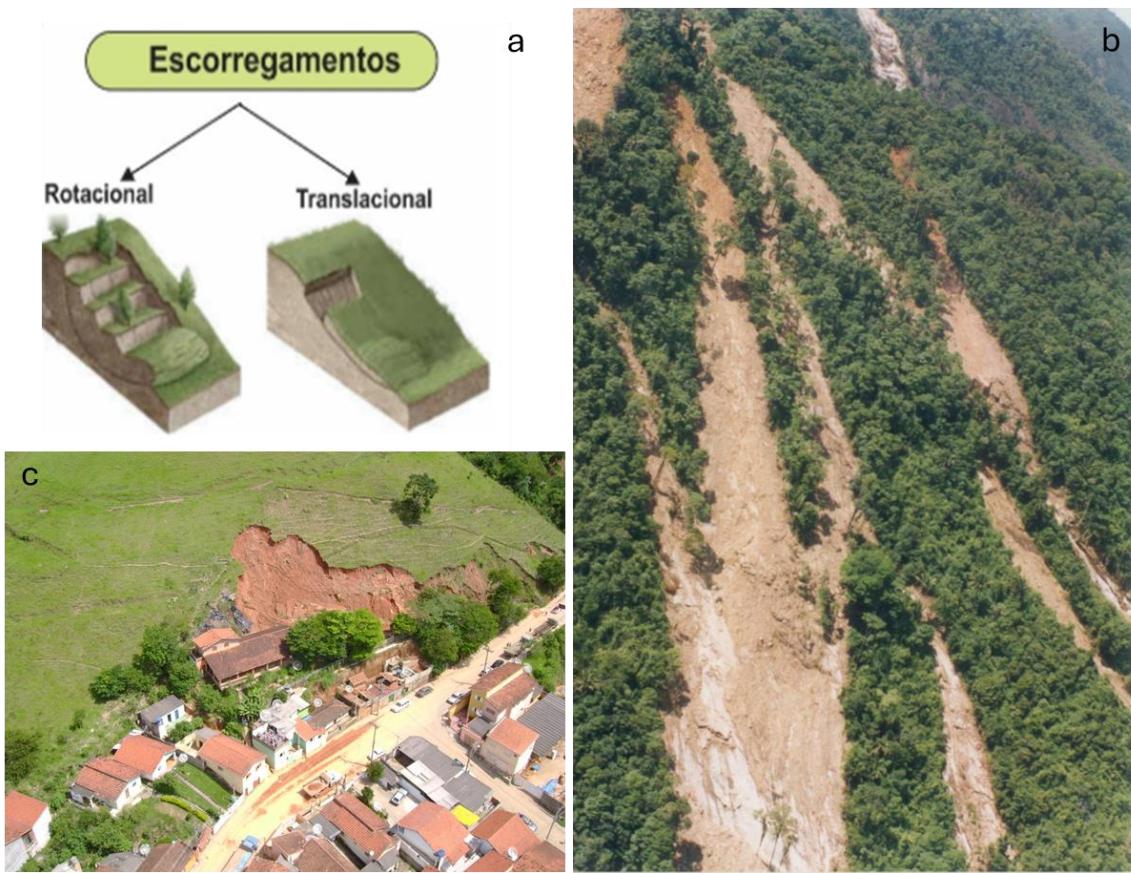
O tipo de movimento ocorrida vai variar com a tipologia de elemento afetado. Se é denominado de evento qualquer movimento de massa que ocorra. Quando este evento apresenta vítimas fatais e danos a infraestrutura, é chamado de desastre. (AUGUSTO FILHO, VIRGILI 1998). Os riscos e suscetibilidade é definido como a possível chance de uma área sofrer com desastres ou acidentes, resultantes das ações antrópicas e naturais. (AMARAL; GUTJAHR, 2018).

Fernandes e Amaral (1996) classificam os movimentos em 3 principais tipos: Corridas ou fluxos de detritos, escorregamentos e quedas de blocos e Highland e Bobrowsky (2008) acrescentam também movimentos de tombamentos.

As corridas, ou também chamadas de fluxos de detritos, são processos hidronimâmicos caracterizados pela ausência de superfície de ruptura, longas zonas de propagação e capacidade de mobilização de diferentes materiais, por vezes com granulometria muito diversa, como solos, matações e árvores. (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Pode ser deflagrado em consequência de escorregamentos quando ganham velocidade e mudam de forma, se transformando em um fluído pela mistura com a água (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Apresentam um alto poder destrutivo pela velocidade de transporte e não são exclusivos de áreas íngremes (OLIVEIRA 1998).

As corridas simples estão relacionadas à alta concentração de águas superficiais nas encostas e que apresentam uma força capaz de carregar os materiais que estão na sua linha de fluxo (como vegetação e solo) (FERNANDES; AMARAL, 1996). São desencadeadas por um acúmulo de água na superfície, tendo relação com chuvas ou degelo (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Podem apresentar perigos significativos, pois podem ocorrer sem nenhum tipo de alerta (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008), e não apresentam um grau de fluidez fixo, podendo ser desde materiais mais densos até um grau de suspensão do fluido (GUIDICINI; NIEBLE, 1984).

Já os escorregamentos são movimentos rápidos, de curta duração, com um plano de ruptura definido, com clara distinção entre o que foi e não foi deslizado, sendo feições alongadas(GUIDICINI; NIEBLE, 1984) e podem ser de dois tipos: rotacional e translacional e são separados pelo plano de ruptura e o tipo de material (Erro! Fonte de referência não encontrada.).



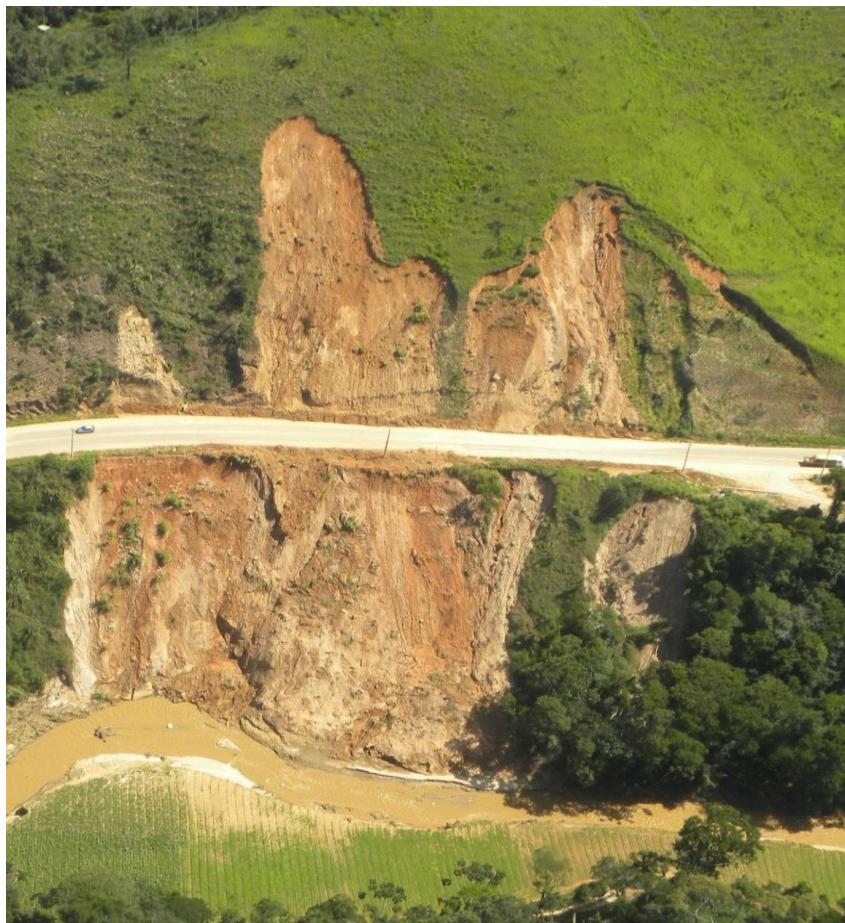
*Figura 2:* (a) Tipos de escorregamentos (translacionais rasos e rotacionais profundos) (b) escorregamentos rasos no Rio de Janeiro, (c) Escorregamentos rotacional em São Luiz do Paraitinga. Fonte: Modificado de Bierman and Montgometry (2014) (a) , GEORIO (b) e IPT (c).

Os movimentos de maior magnitude tendem a ocorrer com materiais mais homogêneos, devido à sua coesão interna (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Seus principais agentes condicionantes são a água da chuva relacionada a erosão, aumentando a saturação do solo e seu peso específico e as oscilações do lençol freático (OLIVEIRA 1998), além disso, um escorregamento tende a ocorrer quando a relação da resistência média ao cisalhamento do solo ou da rocha e suas tensões médias na superfície decresce de um valor inicial maior do que 1 até a atividade, no instante do escorregamento. (Guidicini, Nieble 1984)

Os escorregamentos do tipo rotacionais possuem uma superfície de ruptura côncava para cima, dando o movimento rotacional e sua origem se dá também pela característica do solo de ser mais espesso e homogêneo, com maior conteúdo de argila (FERNANDES; AMARAL, 1996). São mais comuns em materiais homogêneos e em aterros. São desencadeados por chuvas intensas, que aumentam o nível de saturação dos solos (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Os escorregamentos translacionais são a forma mais frequente entre todos os tipos. Possuem superfície planar, acompanhada de descontinuidades mecânica e hidrológica, presentes no interior do material. Seus planos de fraqueza são de origem geológica (acamamentos e fraturas), geomorfológicos (depósitos de encostas) e pedológicos (contato entre horizontes e com o saprolito) (FERNANDES; AMARAL, 1996). São compridos e rasos, com seu plano de ruptura entre 0,5m a 5,0m de profundidade e ocorrem normalmente em períodos de alta precipitação, quando suas rupturas tendem a ocorrer rapidamente, pelo aumento da poro-pressão positiva nesses processos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Podem ser subdivididos pelo tipo de material que será transportado (rocha, solo residual e detritos), porém, na natureza acabam formando uma mistura de material em movimento (FERNANDES; AMARAL, 1996)

São desencadeados pelo aumento da saturação dos solos, normalmente associados a períodos chuvosos. Apresenta uma maior distância que os rotacionais pelo tipo de superfície apresentada, porém tendem a ser mais rasos que os rotacionais. Quando ganham velocidade, suas rupturas podem fragmentar-se e se transformar em um fluxo de detrito, podendo também ocorrer nos rotacionais, embora menos comum no cenário brasileiro (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). São ocasionados dentro do manto de alteração, cuja sua espessura está diretamente ligada às características da rocha em junção com o tipo climático e sua drenagem. (GUIDICINI NIEBLE, 1984)



*Figura 3:* Escorregamentos rasos deflagrados na Serra do Mar fluminense em 2011. Fonte: Bianca Vieira

As quedas de blocos têm sua gênese no desprendimento de um bloco rochoso em uma área de declividade e ocorre seu rolamento ou queda, podendo se partir ao longo do trajeto. São considerados rápidos e sua velocidade depende da inclinação da vertente (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008), provocados pela ação do intemperismo (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). A erosão e o intemperismo favorecem sua ocorrência pela ação da água e das raízes de plantas nas descontinuidades do maciço (OLIVEIRA 1998).

São movimentos rasos através da ação da natureza, em queda livre, sem a presença de uma área de deslizamento. Sua ocorrência é favorecida por descontinuidades na rocha. (FERNANDES; AMARAL, 1996).

## **2.2 Fatores condicionantes geológicos e geomorfológicos e agente deflagrador**

Segundo Fernandes e Amaral (1996), os fatores condicionantes são aqueles que favorecem a ocorrência de movimentos de massa, determinando as condições para o deslizamento. São atrelados a processos geológicos e geomorfológicos. Em relação às fraturas, são quebras na rocha, algumas vezes formadas por processos geológicos tectônicos, durante o resfriamento do magma e durante as fases de deformação dúctil. Outras apresentam um caráter atectônico, como aquelas formadas pelo processo de alívio de pressão, com a expansão da rocha para a superfície e são condicionadas pela litologia local. O intemperismo químico é condicionado pela presença das fraturas de alívio de pressão. A água infiltrada percorre lateralmente nos planos de fratura, apresentando descontinuidades mecânicas (FERNANDES; AMARAL, 1996).

A saturação por água em áreas íngremes são a principal causa de deslizamentos no mundo, pois age como agente deflagrador para o evento. Está intimamente ligado à inundação, pois ambos têm relação com acúmulo de água, principalmente atrelado a precipitação. Inundações podem causar movimentos de massa pelo seu poder erosivo sobre bordas de canais e os movimentos de massa podem causar inundações pelo assoreamento de corpos hídricos na região (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). As chuvas são a principal causa natural na origem dos escorregamentos no Brasil. Os escorregamentos em rochas são mais suscetíveis durante um evento com chuvas concentradas e no solo, tal fator varia também em relação aos índices pluviométricos de dias anteriores, que se acumularam. (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998)

Os solos atuam através de ângulos de atrito e coesão, determinando a resistência de cisalhamento e é relacionada também a processos de capilaridade (coesão aparente), dependendo de cada tipo de solo. Apresentam também características em relação a movimentos quando relacionados ao peso específico de cada material, sua porosidade, permeabilidade e plasticidade (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998)

As águas de superfícies estão comumente associadas a precipitações e à saturação. Atuando em conjunto com a porosidade, tanto dos solos quanto das rochas, diminuindo a coesão aparente e é o principal agente deflagrador de movimentos de massa do Brasil. Para Augusto Filho e Virgili (1998, p. 250) “uma das consequências dos maciços terrosos com crescente permeabilidade é formar linhas de fluxos subverticais, que tendem a aumentar o grau de

saturação e diminuir a coesão aparente, conforme se aumenta a profundidade da frente de umedecimento”

As foliações são estruturas que influenciam na estabilidade de afloramentos de rochas metamórficas, relacionadas com o mergulho do bandamento, onde rochas com o mergulho voltado para o interior da vertente são, em sua maioria, mais estáveis, porém, suas características litológicas também devem ser levadas em conta, podendo transformar tal característica em um ponto negativo (FERNANDES e AMARAL, 1996). Os maciços rochosos são mais resistentes que os solos, tolerando maiores angulações e seus mecanismos de rompimentos são relacionados a descontinuidades e seus materiais de preenchimento, movimentos anteriores, inclinação e cisalhamentos. (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998)

As descontinuidades podem estar contidas no saprolito e no solo residual, oriundo do embasamento rochoso, como falhas e fraturas. Elas podem atuar na distribuição da poro-pressões nas encostas, afetando sua estabilidade. A presença de fraturas, pode acelerar o intemperismo nessas regiões, avançando mais rapidamente do que em feições não fraturadas, podendo ocasionar escorregamentos. Muitas vezes, os movimentos de massa, apresentam o plano de ruptura condicionado pelas descontinuidades hidráulicas do interior do saprolito (FERNANDES e AMARAL, 1996).

A morfologia das encostas é um condicionante tanto direto quanto indireto dos movimentos. De forma direta, por meio da maior declividade da encosta, maior a suscetibilidade, não sendo necessariamente uma regra, pois a cobertura vegetal também pode interferir, ocasionando deslizamentos em áreas menos angulosas da paisagem (FERNANDES; AMARAL, 1996). De forma indireta, na formação de zonas de convergência e divergência de fluxos de água, onde as regiões côncavas apresentam uma maior facilidade de saturação (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Referente aos depósitos de colúvios são depósitos de encostas relacionados às zonas de convergência. A relação entre forma e material traz uma importância para que os depósitos sejam considerados como condicionantes (FERNANDES; AMARAL, 1996). Muitas vezes, tais depósitos estão localizados sobre rochas sãs, causando uma descontinuidade mecânica e hidráulica, que, quando somadas à alta pluviosidade, a poro-pressão se torna positiva, aumentando as chances de escorregamentos do tipo translacionais. Em depósitos coluvionares, quando situados em eixos de vales e com um recurso hídrico próximo da superfície, estes

depósitos tendem a se movimentar rapidamente em forma de corridas (FERNANDES; AMARAL, 1996).

Quando se fala a respeito de vegetação, a cobertura vegetal pode agir de formas positivas ou negativas sobre o relevo associado. Ela pode ajudar na contenção de água da chuva com a retenção das raízes, além de diminuir o impacto das gotas ao cair no chão. Mas também sobrecarregam com aumento de peso, aumento da pressão lateral abrindo fendas no maciço e pode levar ao que é chamado de “efeito alavanca” “com a força cisalhante transferida pelos troncos quando as copas são atingidas por ventos.” (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998 p. 252).

Porém, após sua retirada, nota-se uma relativa estabilidade no solo, pois os efeitos desfavoráveis são minimizados, porém, com o passar do tempo, as raízes que ainda se encontram, acabam apodrecendo e perde-se também os efeitos positivos, aumentando a suscetibilidade (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998).

A ação dos seres humanos também pode ser considerada como um fator condicionante, sem ser atrelado a causas geológicas e geomorfológicas. A expansão da malha urbana para áreas suscetíveis é a principal ação condicionante humana para ocorrência de movimentos de massa. Cortes de estrada, desmatamento e alteração nos padrões de drenagem (como irrigação e criação de reservatórios, por exemplo) causam um desequilíbrio na ordem natural da região, se transformando em uma área suscetível (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

No Brasil, os principais processos que causam instabilidades de encostas são: O fator deflagrador, devido a pluviosidade, a composição das rochosa e pedológica das encostas, sua inclinação e amplitude altimétrica, as águas subsuperficiais e superficiais. Todos estes atrelados a condicionantes humanos, como cortes e aterros em estradas e manejo inadequado da cobertura vegetal (AUGUSTO FILHO, VIRGILI, 1998).

### **3. ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Serra Do Mar**

A Serra do Mar é um sistema montanhoso, localizado na borda atlântica do Sul e Sudeste do Brasil (ALMEIDA, CARNEIRO, 1998) se estendendo do Estado do Espírito Santo ao de Santa Catarina. Em termos de índice pluviométricos, sua parte localizada no Estado de Sã

Paulo, só perde para a floresta amazônica, sendo as duas regiões mais chuvosas do Brasil. E se encontra uma vegetação ombrófila-densa, restinga, campos montanhosos, manguezais e várzeas e pertencente ao bioma de Mata Atlântica (VIEIRA; GRAMANI, 2015).

Ela provém de duas formações geológicas. Ao sul é encontrada a falha de Cubatão, com uma predominância de rochas metamórficas mais antigas, do complexo costeiro e ao norte, rochas metamórficas mais recentes, do grupo Açuengui (SANTOS, 2004). Ambos os complexos evidenciam a presença de migmatitos, gnaisses e xistos em grandes proporções (SANTOS, 2004).

No Estado de São Paulo, é dividida em três regiões: Sul (Baixada do Ribeira), Centro (Santos) e Norte (São Sebastião). (ROSSI; PEREIRA, 2001) porém ao longo de sua extensão pelos outros Estados, deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto, com características variadas ao longo de sua extensão. Na região do Paraná, se encontra uma cadeia montanhosa com cimos elevados que chegam até 1.800m de altitude. Em São Paulo, se localiza uma borda de planalto, nivelada pelo topo em alturas de 800 a 1.200 m. Em contrapartida, no estado do Rio de Janeiro, é composta por um bloco de falhas inclinado na direção do Rio Paraíba do Sul, com vertentes abruptas voltadas para a Baixada Fluminense, a sul (ALMEIDA, CARNEIRO, 1998).

Está localizada entre a borda do Planalto Atlântico e a Planície costeira, apresenta um clima tropical quente e úmido, com chuvas abundantes durante os meses mais quentes, e períodos menos úmidos nos meses de inverno (SANTOS, 2004). Em sua área de planalto, são encontrados gnaisses com diferentes mergulhos e bandamentos, causando uma diferenciação nos perfis de solo relacionados a espessura e profundidade. Nas vertentes e topes os solos tendem a possuir menos espessura e são encontrados argissolos e cambissolos (ROSSI; PEREIRA, 2001).

A Serra do Mar apresenta descontinuidades litológicas, como presença de falhas e zonas de cisalhamento que formam o Planalto Atlântico. As suas principais características geomorfológicas são os vales profundamente entalhados devido a dissecação intensa e alto padrão de drenagem. (VIEIRA; GRAMANI, 2015). Segundo estes autores, as principais rodovias de escoamento de produtos para a exportação se situam no setor norte, ligada ao porto de Santos, principal porto brasileiro, na serra de Cubatão. A ilha de São Sebastião, pertencente ao setor Norte, é formada por intrusões eruptivas alcalinas e diques de andesito.

Sobre as curvaturas da encosta, IPT (1986) destaca as encostas retilíneas como as mais frequentes e com alta declividade, próximas à borda do planalto, e encostas convexas como menos frequentes, e as côncavas em menor proporção dentre as três. Mesmo as encostas retilíneas sendo relacionadas a feições mais estáveis, elas contribuem com maior material para possíveis instabilidades (SANTOS, 2004). Sua atual paisagem é devido a interação de diversos fatores que se interrelacionam, como processos tectônicos, como falhas e fraturas, causado por processos de lixiviação ligados a condicionantes climáticos, trazem uma modelação do relevo através de alterações no solo (ROSSI; PEREIRA, 2001).

### **3.2 São Sebastião**

São Sebastião é um município litorâneo localizada no estado de São Paulo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), há aproximadamente 200 km de distância da capital. Possui características geomorfológicas de alta declividade, variando de 2 a 1.500 m, devido à proximidade com a Serra do mar. Sua localização faz que a área se situe em um clima tropical-úmido (BISPO et al., 2011).

De acordo com Costa (2023), em 2018 o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) já havia elaborado um estudo detalhado sobre as áreas de risco do município e apontando 52 como de risco de deslizamentos de terra em 21 núcleos urbanos, sendo 16 de alto risco e 36 necessárias de monitoramento. O estudo também contava com medidas para serem adotadas para evitar possíveis desastres. Sendo a Vila do Sahy, desde o estudo, considerada um grau de risco SM (setor de Monitoramento), com 162 moradias/ edifícios por setor mapeado (IPT, 2019).



Figura 4:Município de São Sebastião. Fonte: Sociedade Geológica Brasileira (SBG)

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, primeiramente foi feita a seleção do município de análise através de uma perspectiva da ocorrência recente dos deslizamentos, sendo São Sebastião o último de grande magnitude até o início da pesquisa. Após a escolha, foi feito o levantamento bibliográfico a respeito dos diferentes tipos de movimentos de massa, seus fatores condicionantes e deflagradores.

Em seguida, foram coletados dados para a produção cartográfica local, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em uma escala de 1:250.00 referente

os limites territoriais e pedológicos. Dados da Sociedade Geológica Brasileira (SGB) referentes a litologia, em uma escala de 1:700.000, onde se limitou a análise da área devido a diferenças de escala do limite territorial e litológico. E por último, dados do MapBiomas a respeito do Uso e Ocupação do solo, com imagens de alta resolução de 10 metros, obtidas pela coleção 9, com dados de 2023 todos referentes ao município de São Sebastião e sobre Uso e Ocupação, referentes também a Vila do Sahy.

Com os dados obtidos, as informações foram geoprocessadas pelo software QGis, que foi referência para a caracterização da área de estudo. Após a construção dos mapas, se fez necessário a utilização de uma álgebra de mapas, sobrepondo os três aspectos estudados: Pedologia, Litologia e Uso e Ocupação, com o inventário fornecido pelo grupo de estudo “GPmorfo”, da Universidade de São Paulo, onde se obteve todas as cicatrizes dos deslizamentos ocorridos em 2023 e seus dados referentes ao evento. Também se fez a distinção da bacia do Sahy e sua caracterização com relação ao uso e ocupação do solo.

Após a criação dos mapas, foi necessário medir a área de cada dado obtido para a criação de uma planilha para calcular os seguintes aspectos, através dos seguintes índices:

- Potencial de Escorregamentos (PE): razão entre o número de células de cada classe afetada pelas cicatrizes e o total de células dessa mesma classe;
- Concentração de Cicatrizes (CC): razão entre o número de células de cada classe afetada pelas cicatrizes e o valor total de células afetadas por escorregamentos na bacia
- Frequência (F): Distribuição das ocorrências: razão entre o número de células de cada classe e o total de células da bacia.

Em última análise, foi realizado uma visita técnica ao município, no dia 22/11/24, para uma conversa com os moradores a respeito do evento e para obtenção de fotos, com drones (DJI Air 2S) e câmeras. Foram visitados os bairros Cambury, onde se foi conversado com trabalhadores locais, Vila do Sahy e Paraíso, onde teve a participação da Defesa Civil e de moradores, relatando como foi tanto o trabalho como viver os eventos.

## 5. RESULTADOS

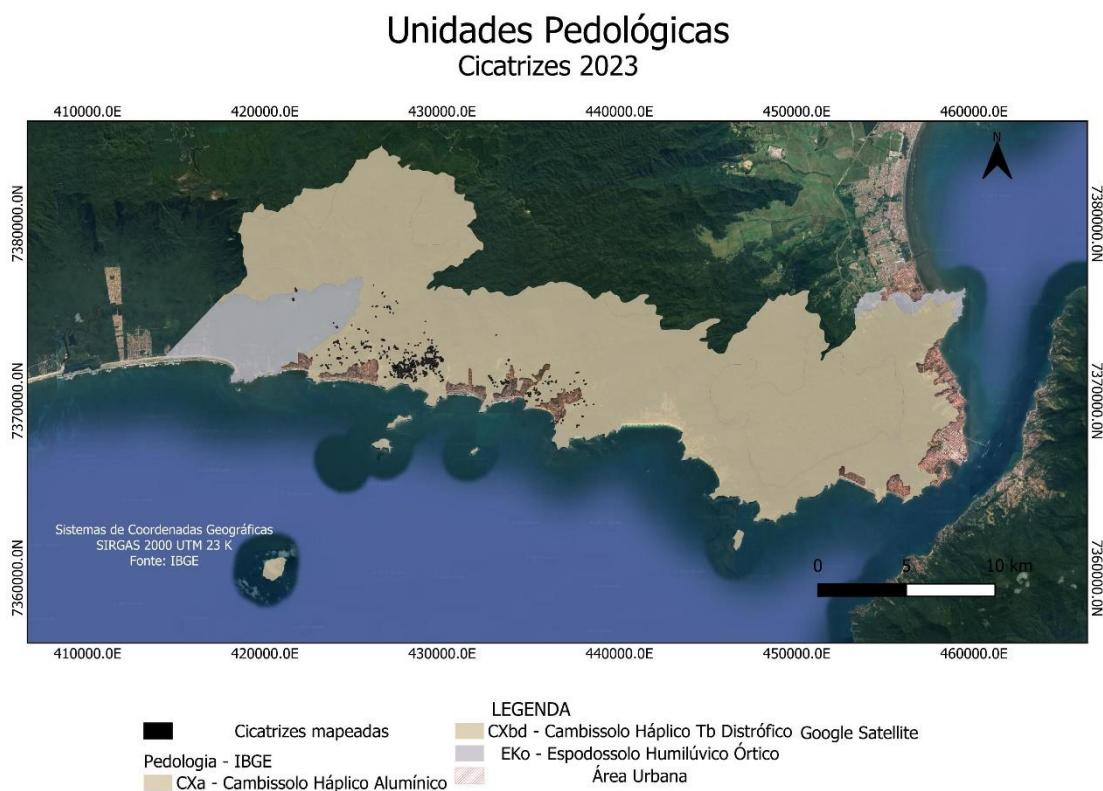
### 5.1 Aspectos Físicos (Pedologia e Litologia)

No município de São Sebastião há o predomínio de dois tipos de solos: Os Espodossolos do tipo Humilúvico Órtico e os Cambissolos, divididos em duas categorias, os háplicos alumínicos e os háplicos Tb distróficos. Há a ocorrência majoritária dos Cambissolos, formando aproximadamente 95% de todo o solo da área de estudo, correspondendo 50% do tipo Tb Distrófico e 45% do tipo alumínico. E cerca de 3% sendo os Espodossolos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na área urbanizada do bairro Vila do Sahy e os taludes próximos que ocorrem os movimentos, em específico, sofrem predominantemente a influência dos Cambissolos. Os espodossolos, estando restritos nas áreas próximas do município de Bertioga e uma pequena parte ao leste do município.

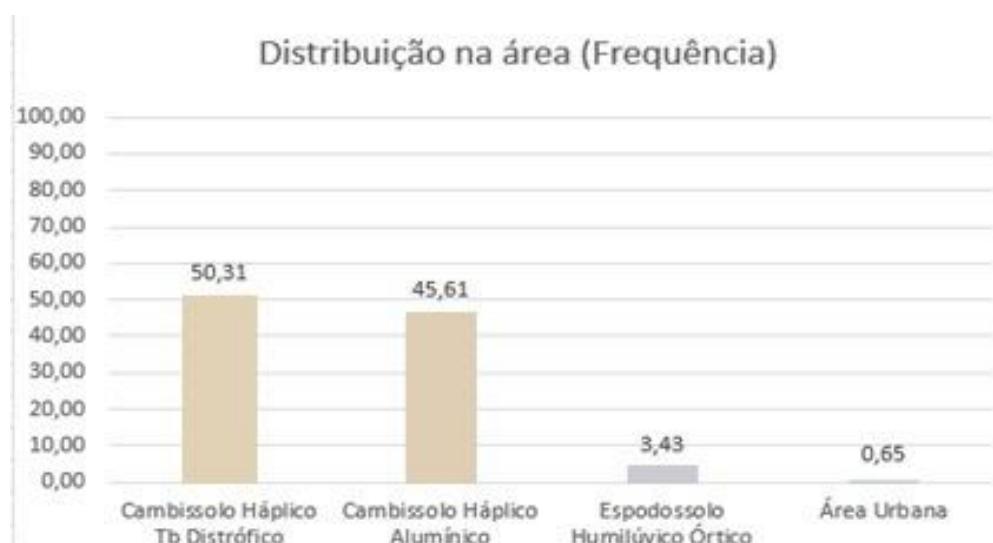
Os Cambissolos, são considerados solos minerais, com a presença de horizonte B incipiente subjacente ao horizonte superficial e que não atendem os requisitos para serem considerados outras classes, como Vertissolos e Organossolos, devido suas condições climáticas e geomorfológicas de formação variadas. Tais solos são desde fortemente até imperfeitamente drenados (SiBCS, 2018). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), os cambissolos háplicos são solos bastante encontrados em relevos ondulados e montanhosos e que não apresentam horizonte A húmico, e por estar associado a relevos de declive e pequenas profundidades, há uma interferência em sua fertilidade. No caso da área de estudo, são subdivididos em dois tipos: Os alumínicos (com teores elevados de alumínio, afetando o desenvolvimento de raízes) e os Tb distróficos (com argila de baixa atividade e de baixa fertilidade) (SANTOS; ZARONI e ALMEIDA, 2021)

Os Espodossolos do tipo Humilúvico Órtico, que representam solos de material mineral, com a presença de horizonte B espódico abaixo de um horizonte A ou E, cabendo em até 200 cm da superfície (SiBCS, 2018) além disso, têm como característica serem ácidos com baixa saturação por bases, com textura predominantemente arenosa e raramente argilosa no horizonte B, ocorrendo em locais com umidade excessiva. Está associado à formação de restinga dos tabuleiros costeiros. (SANTOS e ZARONI 2021). Ambos os solos encontrados na área, por se tratar de solos arenosos, são facilmente erodidos e transportados, uma das razões pela atuação dos movimentos de massa. Devido às grandes proporções encontradas e sua pré-disposição, a classe que mais sofreu com os escorregamentos foram os Cambissolos,

principalmente os de caráter Alumínico (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Figura 8).



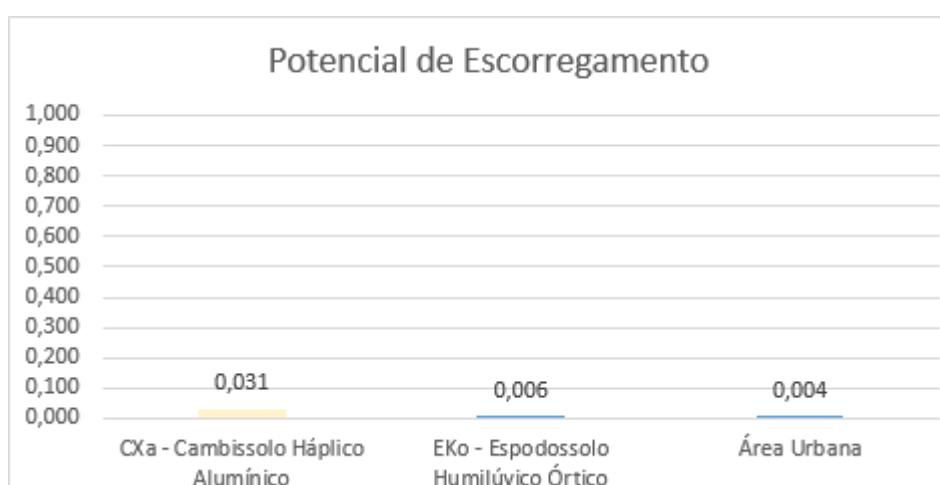
*Figura 5:* Sobreposição do mapa de unidades pedológicas e as cicatrizes de 2023.  
Fonte: IBGE e GPmorfo- USP



*Figura 6:* Percentual da distribuição das unidades pedológicas do município.  
Fonte dos dados: IBGE



*Figura 7:* Concentração das cicatrizes por unidades pedológicas.  
Fonte dos dados: IBGE e GPmorfo- USP



*Figura 8:* Potencial de Escorregamento por unidade pedológica.  
Fonte dos dados: IBGE e GPmorfo- USP

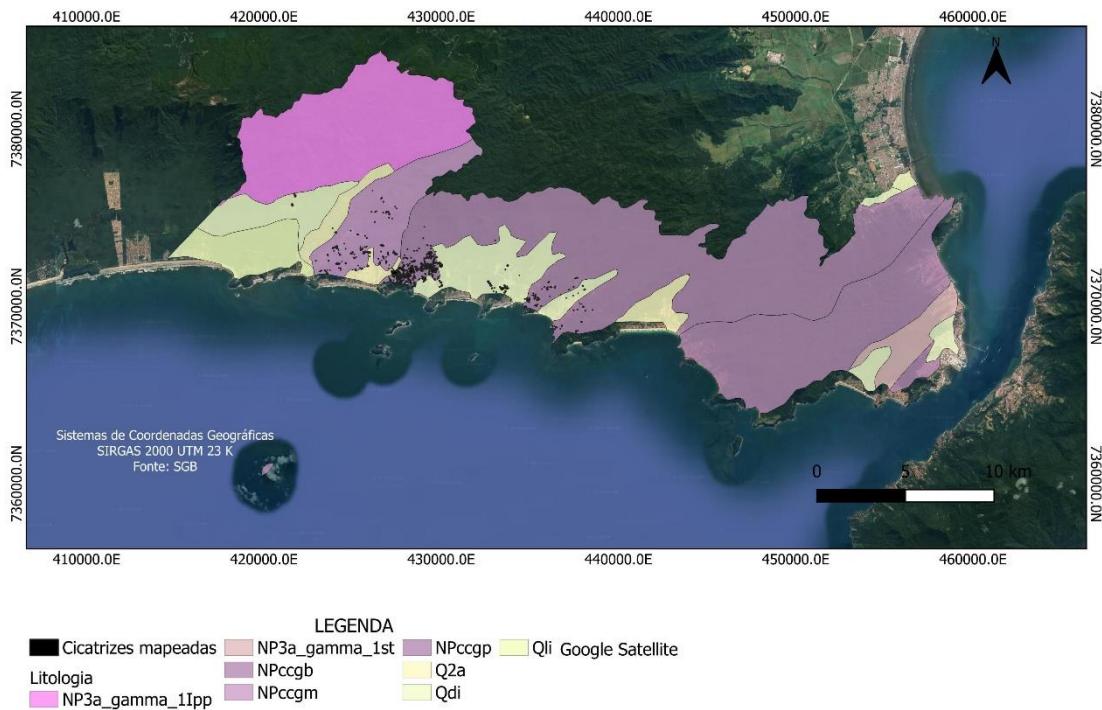
Em relação ao mapa de litologia (Figura 9), se encontra a presença de Complexos Costeiros, formados pelo agrupamento de rochas oriundas de rochas antigas, que sofreram com processos tectonometamórficos, de mudança de temperaturas e pressão, originando outras litologias e possíveis falhas ao longo de sua litologia (MARCONATO et al., 2006). Tal classe

se subdivide em duas: Complexo Costeiro unidades de granito-gnaisses migmatíticos e granulitos (7%) e Complexo costeiro - unidade de gnaisses peraluminosos (36%), onde sua geologia é principalmente a “estrutura metamórfica é o bandamento gnáissico, fortemente penetrativo, evidenciado pela alternância dos níveis quartzo-feldspáticos e micáceos” (MARCONATO et al., 2006 p. 100), sendo as regiões que mais sofreram com os deslizamentos, 15% e 68%, respectivamente. (Figura 10)

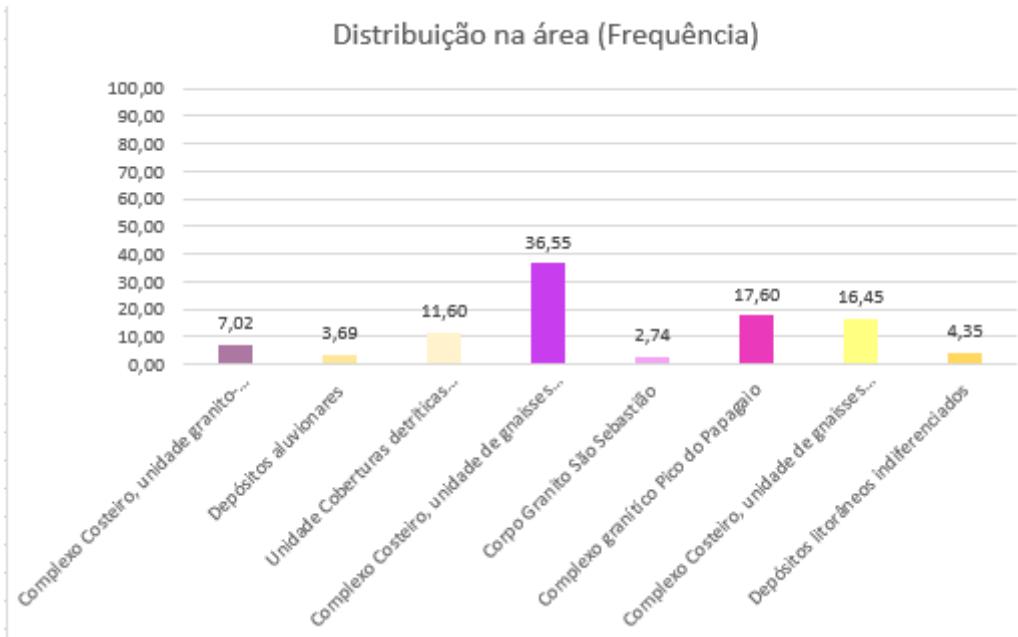
A formação de rochas com predominância de gnaisses (DCGMGLgnp), é devida a um agrupamento de rochas originadas de outras mais antigas, que foram “submetidas a vários processos tectonometamórficos de caráter compressivo, em condições de elevadas temperaturas e pressões” (PEIXOTO, 2010 p.127). Atualmente são caracterizadas por serem formadas por um processo de fusão total ou parcial de rochas de diferentes tipos e idades. Apresentam uma grande variação litológica e um intenso tectonismo, originando solos pouco permeáveis e relevos serranos e montanhosos. Devido ao seu histórico de tectonismo, é comum a presença de falhas e fendas, o que explica, em partes, a ocorrência de deslizamentos, dada a condicionante geológica. (PEIXOTO, 2010). (Figura 11 e Figura 12)

Já os ambientes marinhos costeiros, com predomínio de sedimentos arenosos (DCmc), sua geomorfologia facilita o transporte de sedimentos, influenciados pela litologia das áreas mais altas ao seu entorno. É formado por sedimentos com baixo grau de consolidação e baixa capacidade de suporte, com predomínios de solos pouco coesos e comum saturação por água. Nas áreas de favorecimento de acúmulo de água, há o favorecimento de fenômenos como corridas de detrito, podendo trazer danos a obras civis sem critério técnico. O substrato deste setor é definido por uma sucessão de camadas de sedimentos com características geotécnicas diferentes, diminuindo sua estabilidade (PEIXOTO, 2010).

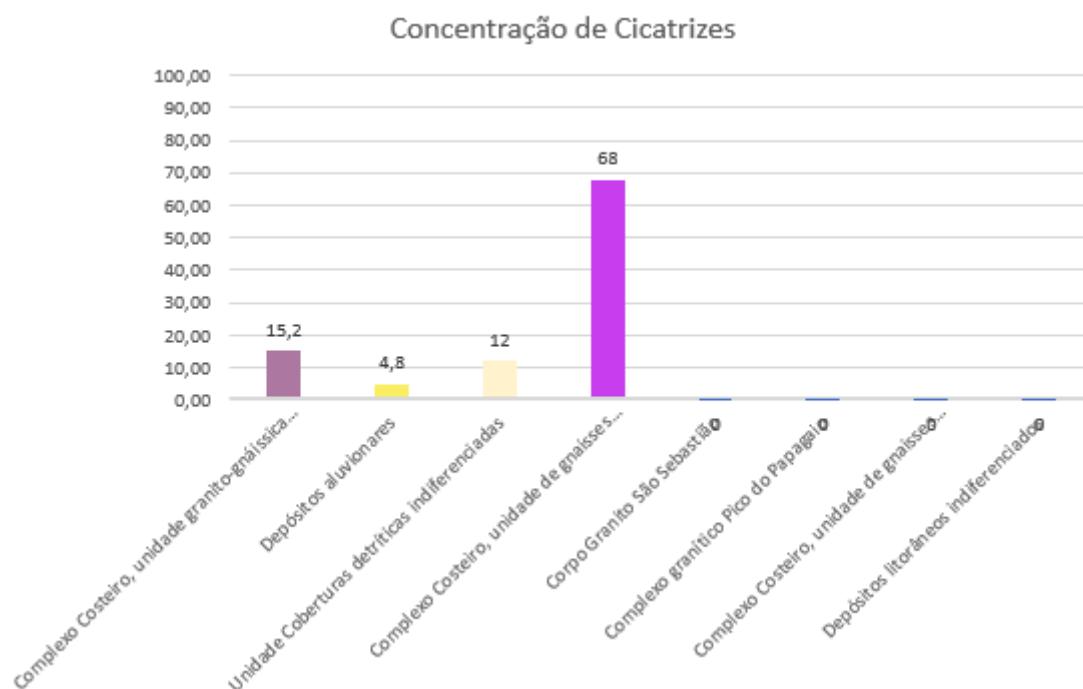
## Unidades Litológicas Cicatrizes 2023



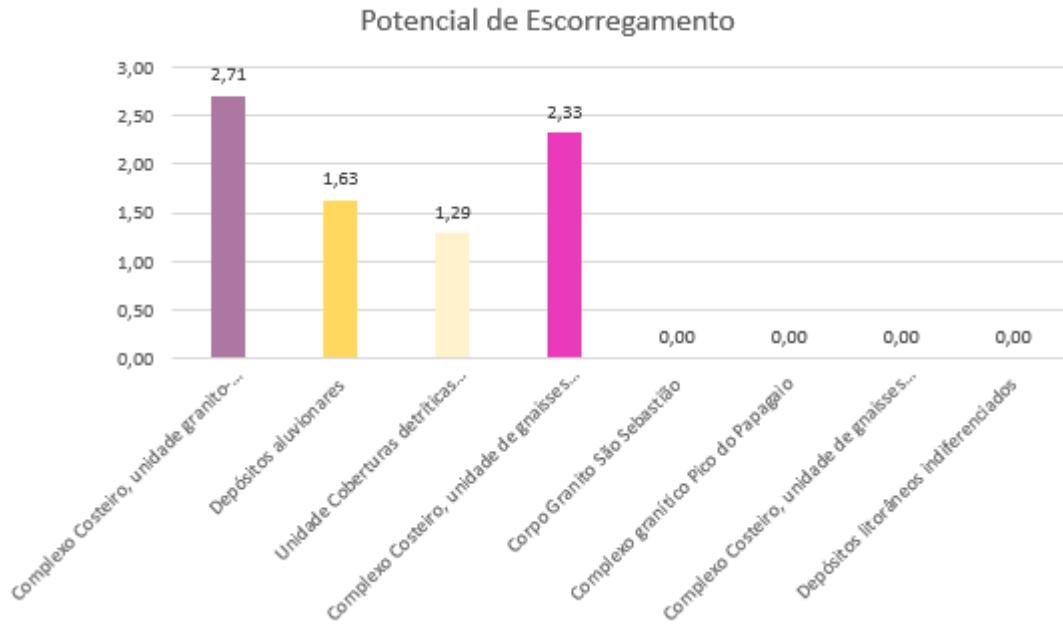
*Figura 9:* Sobreposição do mapa de unidades litológicas e as cicatrizes de 2023. Fonte: IBGE , GPmorfo- USP e SGB - Mapa geológico do Estado de São Paulo) NP<sub>a</sub>\_gamma\_1Ipp: Pico do papagaio, complexo granítico NP<sub>a</sub>\_gamma\_1st: São Sebastião, granito NPccgb: Complexo costeiro, unidade de gnaisses bandados NPccgm: Complexo costeiro, unidade granito gnaissica migmatica NPccgp: Complexo costeiro, unidade de gnaisses peraluminosos Q2a: Depósitos aluvionares Qdi: Depósitos detriticos indiferenciados Qli: Depósitos litorâneos indiferenciados



*Figura 10:* Percentual da distribuição das unidades litológicas do município. Fonte: SGB



*Figura 11:* Concentração das cicatrizes de acordo com a pedologia local. Fonte: SGB e GPmorfo- USP



*Figura 12:* Potencial de escorregamento em relação a Litologia local. Fonte: SGB e GPmorfo-USP

## 5.2 Aspectos Sociais (Uso e Ocupação do Solo)

De acordo com os dados obtidos pelo MapBiomas, a frequência de cada uso, se dá na seguinte proporção: 50,91% de Formação Florestal; 11,82% Mosaicos de Usos; 8,81% Praias, Dunas e Faixas de Areia; 8,77% Área Urbana; 6,61% Outras áreas não vegetadas; 6,55% Rios, Lagos e oceanos e 6,48% Restinga (Figura 13 e Figura 14).

## Uso e Ocupação Cicatrizes 2023

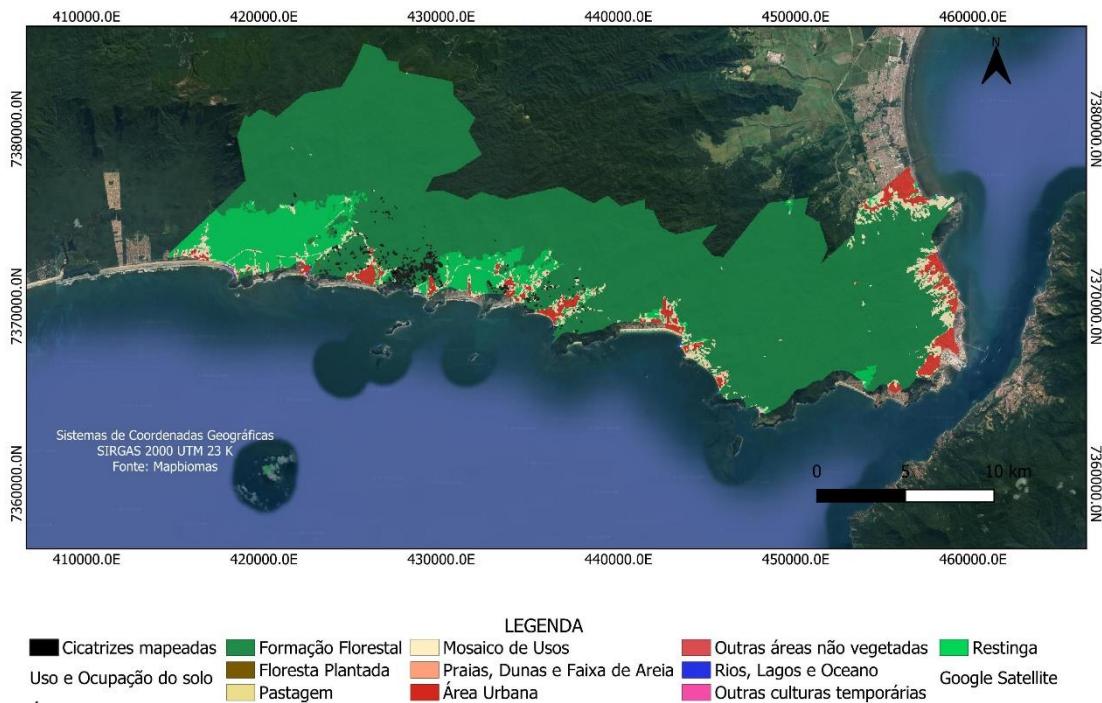


Figura 13: Unidades de Uso e Ocupação do Solo de São Sebastião. Fonte: MapBiomas

### Distribuição na área (Frequência)

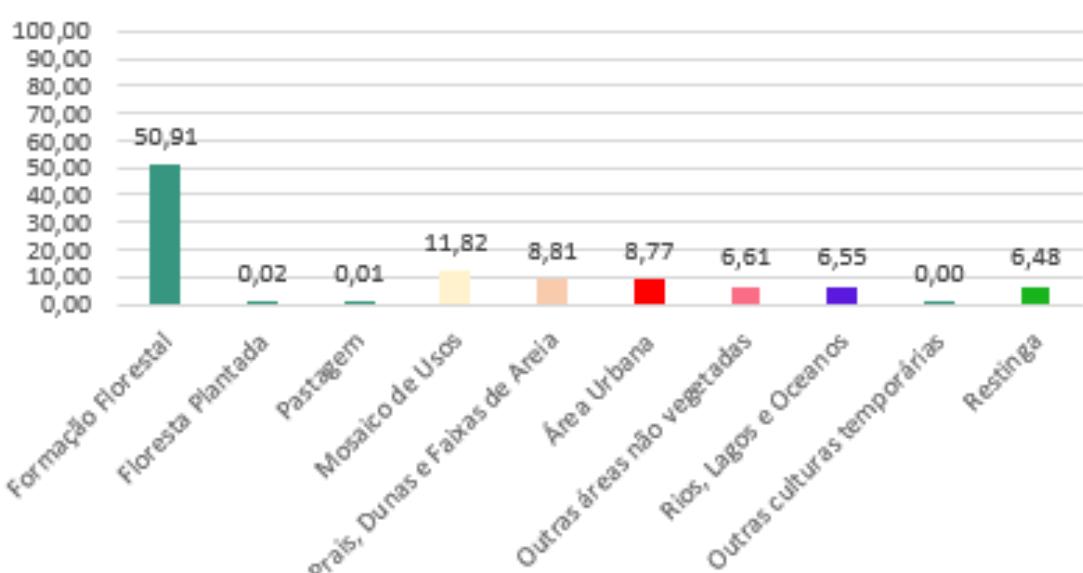
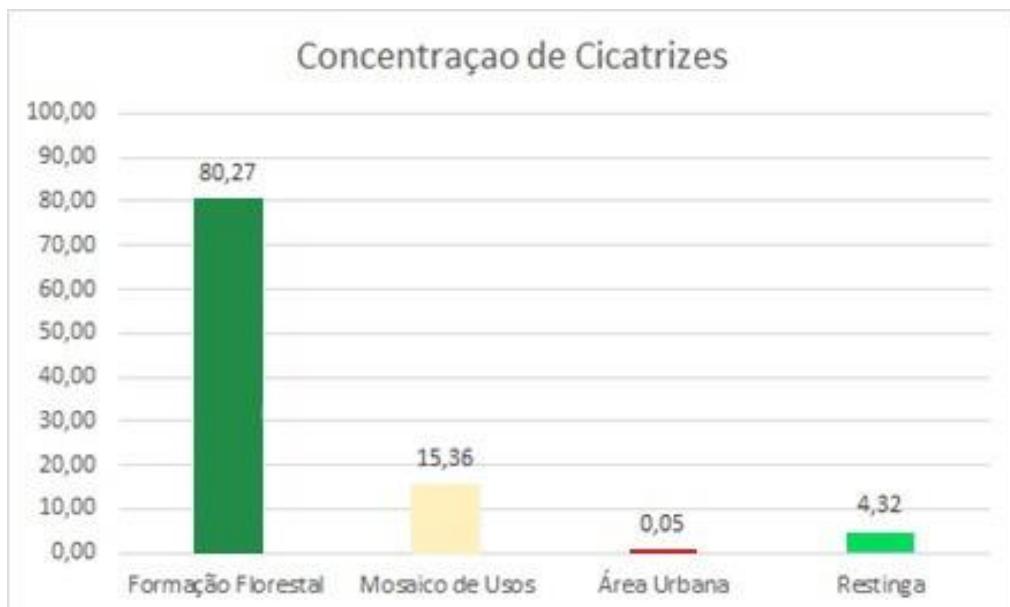


Figura 14: Percentual da distribuição das unidades de uso do solo do município.  
Fonte: MapBiomas

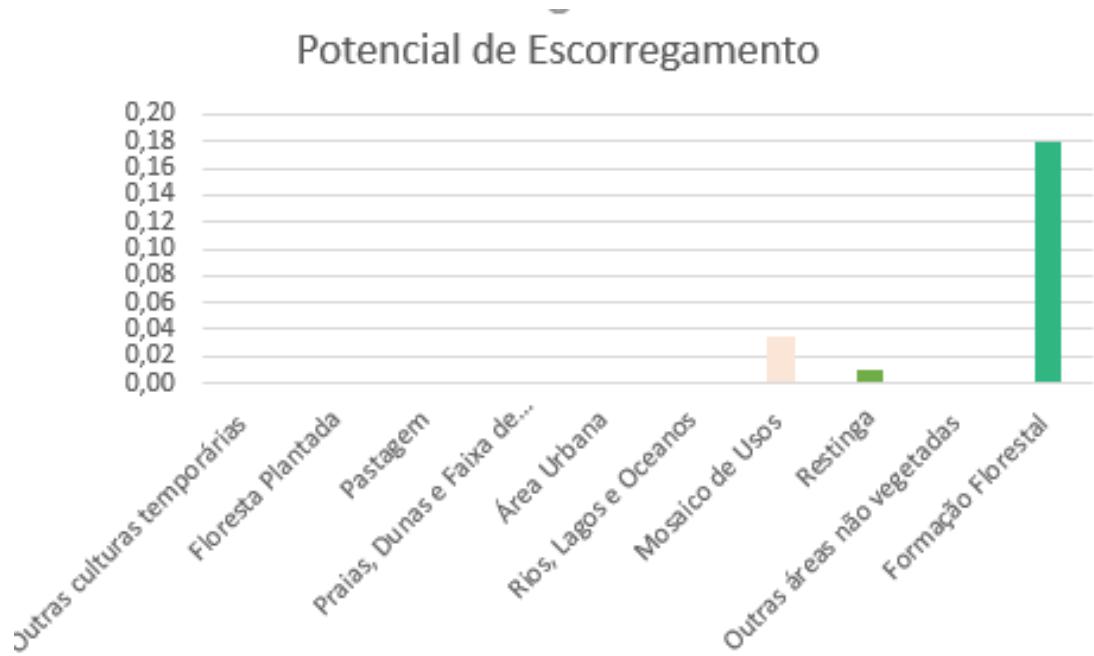
As áreas com mais concentrações de cicatrizes, consequentemente, mais sofreram com os deslizamentos do evento são: Formação Florestal, com 80,27% do total de cicatrizes; 15,36% Mosaico de Usos; 4,32% Restinga e apenas 0,05% Área Urbana. Tal estruturação pode ser explicada pela própria frequência, onde as áreas florestais apresentaram maior proporção, além de muitas vezes se situarem em áreas de encostas. (Figura 15). Dessa forma, devido às condições favoráveis para movimentos de massa, como a localização em áreas de enconstas e ação da força gravitacional, por exemplo, a Formação vegetal apresentou maior potencial de escorregamento, com 0,20%, seguido pelo mosaico de uso, com aproximadamente 0,05% e Restingas, 0,01%. Os outros usos do município não apresentaram potencial iminente (Figura 16).

Além da Vila do Sahy, área de principal destaque durante este estudo, foram observados os bairros Cambury e Vila Paraíso, áreas do município que também sofreram com os deslizamentos. O bairro do Cambury se localiza entre as praias da Baleia e Boiçucanga, distante 39,5 km do centro de São Sebastião. Segundo relato de um trabalhador local, não houve mortes no local durante o evento, mesmo tendo sido encontrados cicatrizes recentes na área (Figura 17 a). Devido à proximidade com a população que se encontrava em condomínios de classe média, próximos à vertente, foi-se necessário a criação de barreiras de contenção e de drenagem de água para diminuição de riscos, que estavam em processo de construção durante a visita (Figura 17 b c e d).



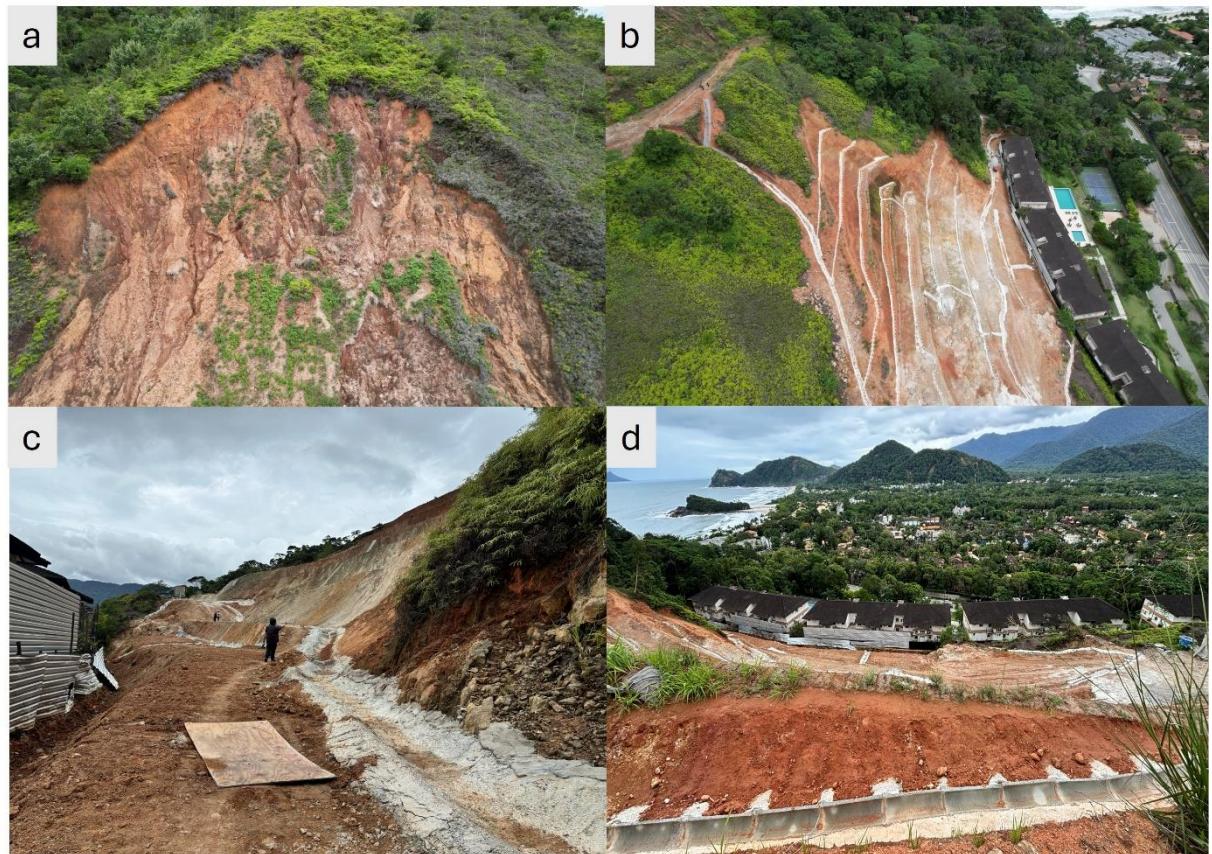
*Figura 15:* Concentração das cicatrizes de acordo com o uso do solo.

Fonte: MapBiomas e GPmorfo- USP



*Figura 16:* Potencial de escorregamento em relação ao uso e ocupação local.

Fonte: SGB e GPmorfo- USP.



*Figura 17:* Imagens referentes aos deslizamentos ocorridos no bairro Cambury (a) Cicatriz resultado de escorregamentos rasos. b) Construção de contenção próximo a um condomínio residencial. c) escorregamento que atingiu parte do condomínio. d) área deslizada e barreiras de concreto. Fonte: Tiago Martins

Outro bairro visitado foi o Paraíso, próximo da Vila do Sahy. Ocupação formada por uma população em situação de maior vulnerabilidade social. Foi observado áreas com cicatrizes aparentes, próximo às moradias, afetando a segurança local (Figura 18 a e c). Após conversas com a população e defesa civil, foi possível ter acesso a obra de contenção da encosta muito próximo ao quintal de uma residência, onde se encontrava uma alta instabilidade, acarretando riscos para a população local (Figura 18 b e d). Segundo representantes da defesa civil, no bairro não foi identificado nenhum setor de R4 (risco muito alto de deslizamento) e apenas um R3 (risco alto de deslizamento), sendo considerada uma área com uma certa segurança.



*Figura 18:* Imagens referente ao bairro Paraíso. a) obras de contenção de um escorregamento de 2023. b) detalhe da obra de contenção junto às residências. c) escorregamentos ocorridos em uso de Formação Vegetal. d) detalhe das ocupações e da cobertura vegetal. Fonte: Tiago Martins

### 5.3 Vila do Sahy

A vila do Sahy, uma das áreas mais afetadas pelos escorregamentos, se encontra entre as praias Juquehy e praia da Baleia. Sua ocupação teve início da década de 1990 e seus moradores são, principalmente trabalhadores de casas de alto padrão e hotéis de luxo (G1, 2023). (Figura 19)



Figura 19: Localização Vila do Sahy. Fonte: IBGE

O bairro se encontra em uma área de cobertura pedológica caracterizada por Cambisólos - solos arenosos e de fácil transporte (Figura 20). O tipo de solo, relacionado ao fato de que as construções se localizam ao sopé da vertente, causando um desequilíbrio na sua estabilidade, agravam os riscos de escorregamentos. Em relação à litologia, a área se caracteriza pelas características das Unidades Geológico- Ambiental como uma Unidade onde predominam gnaisses paraderivados, podendo conter porções migmatíticas e um Ambiente marinho costeiro, com predomínio de sedimentos arenosos - DCGMGLgnp ;DCmc, siglas segundo Geodiversidade do Estado de São Paulo (CPRM - SGB, 2010). O bairro do Sahy é caracterizado principalmente por três usos da terra: Formação Florestal (50%), Restinga (20%) e área urbana (aproximadamente 20%). (Figura 21)

A sua principal distribuição da área se dá através de quatro usos: Formação Florestal com 49,27% da área total do bairro; Restinga Arbórea, 24,54%; Área Urbanizada 18,55% e, Mosaico de Usos 6,11% e em escalas menores: Rio, Lago e Oceanos, 0,46%; Silvicultura

0,42%; Outras áreas não vegetadas, 0,35%; Praia, Duna e Areal, 0,27% e Pastagem 0,04%. Sua abundância em relação às áreas florestais é explicada pela ARIE São Sebastião (Figura 21 e Figura 22).

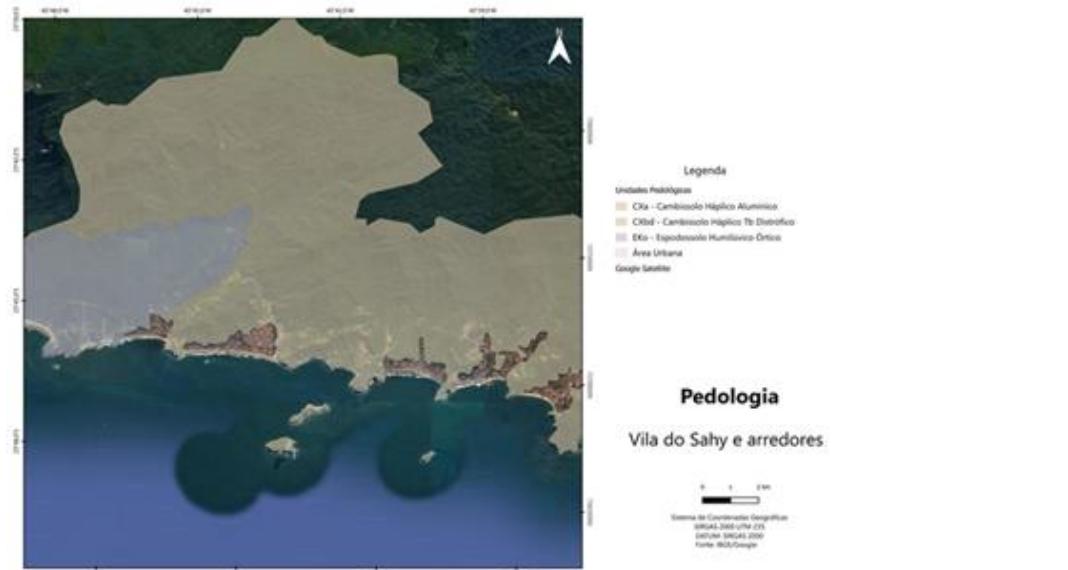


Figura 20: Unidades pedológicas de Vila do Sahy e seus arredores. Fonte: IBGE

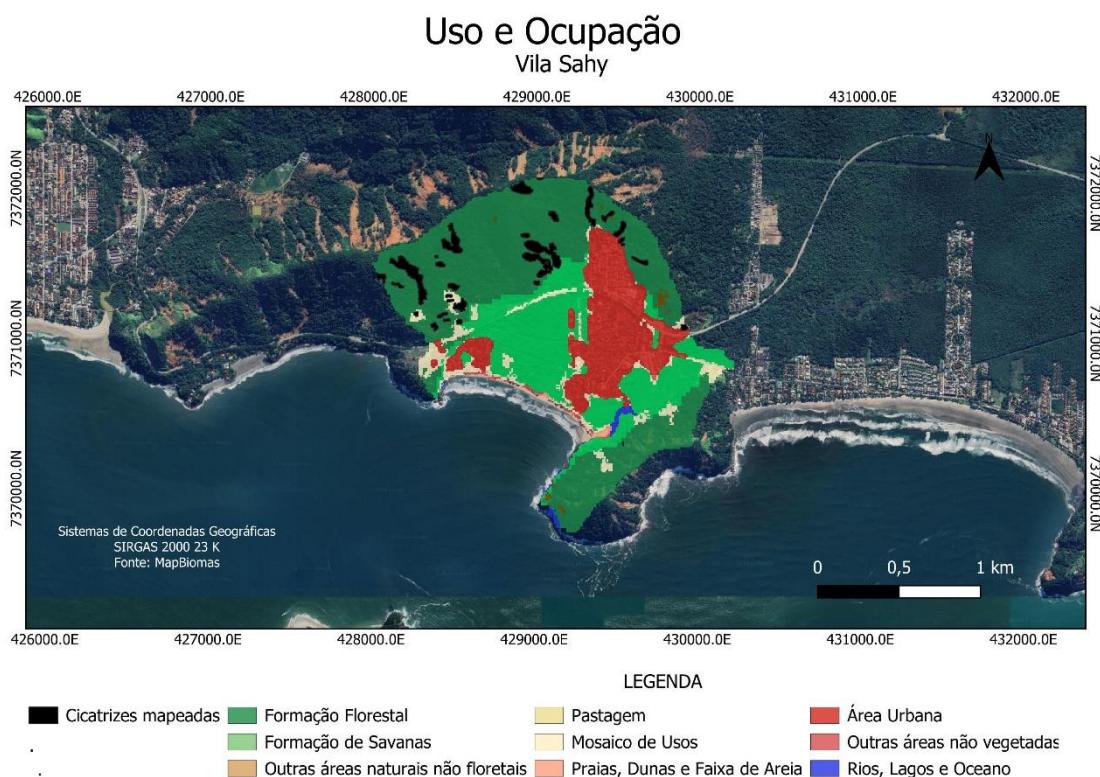


Figura 21: Unidades de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Sahy. Fonte: MapBiomas

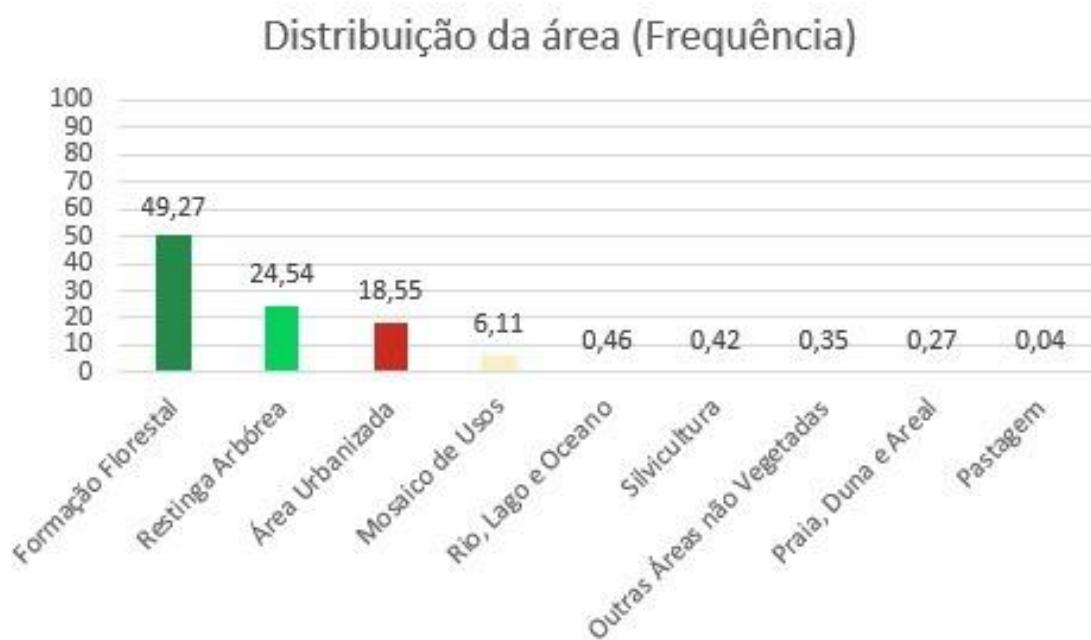
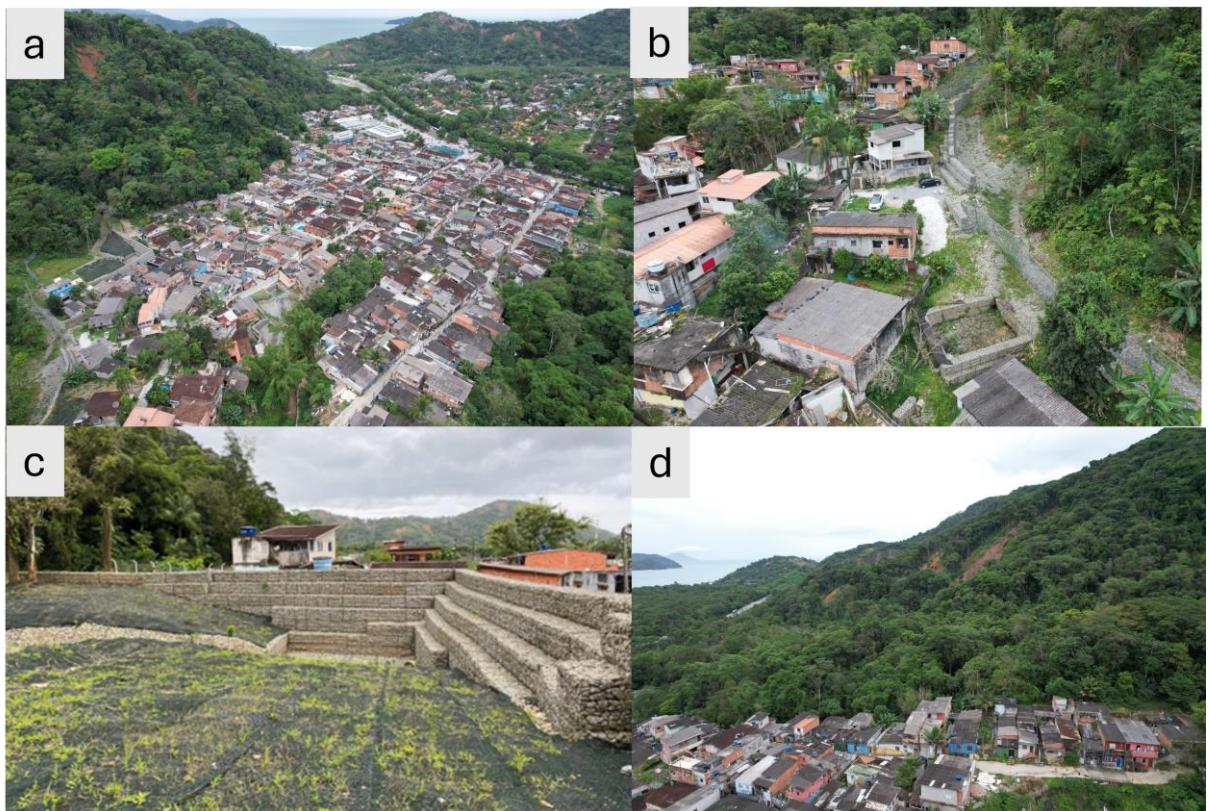


Figura 22: Unidades de Uso e Ocupação do Solo da bacia do Sahy. Fonte: MapBiomas

A área apresenta aproximadamente 600 imóveis, com mais de 700 famílias (G1, 2023). Em informação a partir de conversas com moradores durante visitas técnicas, foi reportado que a maioria dos mortos da Vila eram turistas, vindos de São Paulo, passando o feriado de carnaval no bairro.

A principal área afetada foi uma pousada, próxima a vertente, que abrigava 30 famílias, segundo os relatos, que foi completamente destruída (Figura Z a). Após o incidente, foram feitas obras para contenção, com o intuito de barrar novos deslizamentos, contanto com gaiolas de gabião e estruturas de mitigação em concreto e a instalação de novas sirenes de segurança (Figura 23 b e c).

Em conversa com a população, muito foi-se falado de “se conformar com os eventos”, pois segundo eles, é necessário se acostumar com o fato de que são moradores de área de risco” (Figura 23 d) e que estão sujeitos a tais perigos. Foi perguntado também se acreditam que as obras serão suficientes para amenizar os estragos de futuros deslizamentos e disseram que “querem acreditar que sim”, que eventos com a magnitude desde não acontecerão outras vezes.



*Figura 23:* Vila do Sahy - São Sebastião, 2024 . a) Bairro Vila do Sahy. b) Barreiras para mitigar os danos causados por deslizamentos. c) Gaiolas de gabião onde se encontrava a antiga pousada afetada pelo evento. d) Cobertura vegetal próxima ao bairro, apresentando cicatrizes. Fonte: Tiago Martins.

## **6. CONCLUSÕES**

As análises dos parâmetros geológicos (Litologia), pedológicos e morfológicos, voltados para os condicionantes resultaram em importantes relações no que diz respeito a deflagração de escorregamentos, no caso estudado, recorrentes na Serra do Mar. O estudo e aprofundamento de autores que estudaram os processos em outras partes do mundo foi crucial para o entendimento do ocorrido em São Sebastião e a população local foi afetada.

Os fatores geológicos e pedológicos, como a predominância de escorregamentos em unidades do Complexo costeiro e majoritariamente em Cambissolos, são fatos que se sobrepõem em sua ocorrência. A baixa ocorrência em áreas urbanas, mesmo com a população sofrendo com a gravidade dos processos, se dá pelo fato de boa parte do município se localizar nas áreas de colúvio, o que sofre com a deposição do material e não com sua ruptura (Machado, 2014).

Houve durante a produção do trabalho, uma limitação das análises da área devido a diferentes escalas de dados encontrados, onde devido a isso encontrou-se algumas advertências entre os mapas de litologia (1:750.000) e de Uso e Ocupação, quando feita a álgebra dos mapas com as cicatrizes, precisando ser repensado a forma de cálculo e de manuseio de tais informações.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.; CARNEIRO, C. D. R. **Origem e evolução da Serra do Mar.** Brazilian Journal of Geology, v. 28, n. 2, p. 135–150, 1998.
- AMARAL , Rosangela Do ; GUTJAHR , Mirian Ramos . **Caderno de educação Ambiental: Desastres Naturais.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2018. 19- 69 p.
- AUGUSTO FILHO, O; VIRGILI, J. C. **Estabilidade de Taludes.** In: OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de (Orgs.). *Geologia de engenharia.* São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 15, p. 243-268.
- BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology.** 1. ed. New York, EUA: Preeman and Company, 2014.
- BISPO, Polyanna da Conceição; ALMEIDA, Cláudia Maria de; VALERIANO, Márcio de Morisson et al. **Vista do ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA EM SÃO SEBASTIÃO (SP) COM O USO DE MÉTODOS DE INFERÊNCIA ESPACIAL.** Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5563/4295>>. Acesso em: 10 ago 2024..
- BROLLO , Maria José ; PRESSINOTTI , Márcia Maria Nogueira ; MARCHIORI- FARIA , Daniela Gírio . **O instituto geológico na prevenção de desastres naturais.** São Paulo: Instituto geológico, 2009. 57- 63 p.
- Cambissolos Háplicos - Portal Embrapa.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/cambissolos-cambissolos-haplicos> Acesso em: 11 abr. 2024.
- COSTA; DA, W. M. **Os Temporais e a Catástrofe em São Sebastião - SP no Carnaval de 2023,** Confins n. 58, 23 mar. 2023.
- DARE, Eliane da Fonseca. **Litoral norte: mais uma vez a tragédia se repete.** Disponível em: <<https://unicamp.br/unicamp/noticias/2023/02/28/litoral-norte-mais-uma-vez-tragedia-se-repete/>>.. Acesso em: 18 jul. 2024.
- Espodossolos - portal embrapa.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/espodossolos>> Acesso em: 11 abr. 2024.
- FERNANDES, N. F; AMARAL, C. P do. **Movimentos de massa: Uma abordagem geológico-geomorfológica.** In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista (Orgs.). *Geomorfologia e meio ambiente.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 3, p. 123-186.
- GRAMANI, M. F. Serra do Mar: The Most “Tormented” Relief in Brazil. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. (Orgs.). Landscapes and Landforms of Brazil. [S. l.: s. n.], p. 285–297, 2015. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0\\_26](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_26).
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidades de taludes naturais e de escavação.** São Paulo: Editora Blucher, 1984. p. 18-45.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. *O manual de deslizamento: Um guia para a compreensão de deslizamentos*. Reston, Virginia: Serviço Geológico do Canadá, 2008. p. 6-37.

IPT : **Mapeamento de áreas de risco de movimentos de massa no município de São Sebastião, SP.** São Paulo, 2019

MACHADO M. D. **Os compartimentos de relevo e a ocupação urbana em São Sebastião no Litoral Norte de São Paulo.** Manaus, 2014. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/9-291-1112.html> acesso 09 set. 2024.

MARCONATO, A. et al. *Breve descrição das unidades litoestratigráficas aflorantes no Estado de São Paulo.* São Paulo. CPRM, 2006. p. 76-80.

MARENKO, J. A. et al. **Heavy rains and hydrogeological disasters on February 18th–19th, 2023, in the city of São Sebastião, São Paulo, Brazil:** from meteorological causes to early warnings. Natural hazards (Dordrecht, Netherlands), v. 120, n. , 2024.

MARTINS, T. D. ; GOMES, M. C. V. ; BONINI, J. E. ; VIEIRA, B. C. . **Análises de Suscetibilidade, Perigo e Risco.** In: Victor Carvalho Cabral; Fábio Augusto Gome Vieira Reis; Marcelo Fischer Gramani; Caiubi Emanuel Souza Kuhn; Orildo Lima e Silva. (Org.). Corridas de detritos no Brasil. 1ed.Belo Horizonte: FEBRAGEO, 2022, v. 1, p. 63-69.

Ministério das Cidades. Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-das-cidades> . Acesso 18 de maio de 2024

OLIVEIRA , L. M De (Elab) . **Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos.** Paraná: MINEROPAR, 1998. 20- 24 p.

**Plano de Manejo da Arie São Sebastião é aprovado pelo Consema.** Disponível em: <<https://fflorestal.sp.gov.br/2022/04/plano-de-manejo-da-arie-sao-sebastiao-e-aprovado-pelo-consema/>>. Acesso em: 27 ago. 2024

PETRUNGARO TORRES, G.; RODRIGUES DO CARMO, L. F.; PINTO DE ALMEIDA PALMEIRA, A. C. **Vista do Estudo da relação entre precipitação e deslizamentos no município de Petrópolis – RJ.** Disponível em: <<https://www.revistas.uff.br/sg/article/view/1611/1268>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

PEIXOTO, Carlos Augusto Brasil (Org.). *Grodiversidade do Estado de São Paulo.* São Paulo: CPRM, 2010. p. 127-135.

ROSSI, M; QUEIROZ NETO, J. P. **Relação solo/paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, Brasil, v. 14, p. 11–23, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2001.0014.0001. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47308..>

SANTOS, A. R do. *A grande barreira da Serra do Mar: Da trilha dos Tupiniquins à rodovia dos imigrantes.* 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2024. ISBN 85-86872-35-0.

**G1. Conheça a Vila Sahy, uma das áreas mais atingidas pelo temporal em São Sebastião.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiaba-regiao/noticia/2023/02/21/conheca-a-vila-sahy-uma-das-areas-mais-atingidas-pelo-temporal-em-sao-sebastiao.ghtml>> Acesso em: 11 abr. 2024.

SANTOS, H. G. dos et al. *Sistema brasileiro de classificação dos solos.* 5. ed. Brasília, 2018. p. 139-156; 165-174.

**São Sebastião (SP).** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-sebastiao.html>> Acesso em: 11 abr. 2024.

**VIEIRA, E. T. et al. DESENVOLVIMENTO REGIONAL E A INTENSIFICAÇÃO DAS CATÁSTROFES SOCIONATURAIS: O CASO DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO/SP.** Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional, v. 19, n. 3, 2023. Acesso em: 11 abr. 2024.