

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE SETORIZAÇÃO DE RISCO DE MOVIMENTOS
DE MASSAS COM APLICAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA ISABEL E GUARAREMA
(REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO)**

TF-22-06

CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA

Trabalho apresentado à comissão de trabalho de formatura do Instituto de Geociências - USP, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Área de concentração: Geologia de Engenharia

Orientador: Paulo César Boggiani (GSA - Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental)

Coorientador: Pedro Machado Simões (Regea – Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais)

SÃO PAULO

2022

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE SETORIZAÇÃO DE RISCO DE MOVIMENTOS
DE MASSAS COM APLICAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA ISABEL E GUARAREMA
(REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO)**

CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA

Orientador: Paulo César Boggiani

Coorientador: Pedro Machado Simões

Trabalho de Formatura
TF-22-06

COMISSÃO JULGADORA

Dr. Cláudio José Ferreira

Dra. Maria da Glória Motta Garcia

SÃO PAULO
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela oportunidade de realizar este trabalho com fé, coragem e dedicação.

Ao Prof. **Dr. Paulo César Boggiani**, orientador deste trabalho, pelos ensinamentos, apoio e confiança que me permitiram desenvolver este trabalho com liberdade para ousar.

Ao Geólogo **Pedro Machado Simões**, especialista em cartografia geotécnica, coorientador deste trabalho, pelos ensinamentos, confiança e conhecimentos passados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A minha avó **Celina Deolina de Mello**, pelo apoio e confiança, por acreditar e apoiar todos os meus projetos.

Ao meu irmão **Cleber Lopes de Oliveira Gama** pelo apoio e confiança, por acreditar e apoiar todos os meus projetos.

Ao Geólogo **Vital Yuiti Assano**, pela parceria e ensinamentos passados ao longo do trabalho.

Aos **colegas e professores** do Instituto de Geociências da USP, que contribuíram para a elaboração deste trabalho

RESUMO

Os movimentos de massa são processos geodinâmicos caracterizados pela mobilização de solo, detritos e rochas. Estes, quando deflagrados, causam transtornos a sociedade com danos materiais, econômicos e perdas de vidas humanas. Geralmente são deflagrados após eventos pluviométricos intensos, com destaque para o escorregamento planar (translacional), mais comum e letal. Por esse motivo, o mapeamento de risco a movimentos gravitacionais de massa, são de extrema importância para a prevenção deste tipo de desastre natural. Este trabalho realizou uma análise comparativa entre dois métodos com diferentes abordagens para o mapeamento e qualificação de áreas de risco a movimentos de massa, diante da alta variabilidade dos fatores e atributos relacionados as características geológicas-geotécnicas e morfológicas de encostas brasileiras, modificadas pela dinâmica acelerada das ocupações. A setorização de risco foi realizada em dois municípios da região metropolitana de São Paulo e resultou no desenvolvimento das cartas de inventário de processos de movimento de massa, que serviram para a delimitação de áreas-alvo. Em campo, o levantamento de dados e a caracterização dos fatores relacionados ao perigo e vulnerabilidade da área de estudo, foram determinantes para a delimitação dos setores de risco. A análise de risco para o método do M. Cidades/IPT, foi realizada em campo de forma qualitativa, enquanto que para a método do IG-Regea, a classificação foi realizada em escritório a partir de abordagem qualitativa e quantitativa. Os métodos apresentaram resultados divergentes de classificação para um mesmo setor de risco. Um, apresentou níveis de risco superiores em relação ao outro, divergência observada nos dois municípios estudados. Ambos os métodos consideram em sua grande maioria os mesmos parâmetros, variando de forma significativa na abordagem e tratamento das informações. Outro fator responsável por essa divergência, pode estar relacionado aos pesos atribuídos aos parâmetros analisados nos dois métodos.

Palavras-chave: desastre, risco, deslizamento, perigo, vulnerabilidade, suscetibilidade.

ABSTRACT

Mass movements are geodynamic processes characterized by the mobilization of soil, debris and rocks. These, when triggered, cause inconvenience to society with material and economic damage and loss of human life. They are usually triggered after intense rainfall events, with emphasis on planar (translational) landslides, which are more common and lethal. For this reason, the risk mapping of mass gravitational movements is extremely important for the prevention of this type of natural disaster. This work carried out a comparative analysis between two methods with different approaches for mapping and qualifying areas at risk of mass movements, given the high variability of factors and attributes related to the geological-geotechnical and morphological characteristics of Brazilian slopes, modified by the accelerated dynamics of occupations. Risk sectorization was carried out in two municipalities in the metropolitan region of São Paulo and resulted in the development of mass movement processes inventory charts, which served to delimit target areas. In the field, data collection and the characterization of factors related to the danger and vulnerability of the study area were decisive for the delimitation of risk sectors. The risk analysis for the M. Cidades/IPT method was carried out in the field in a qualitative way, while for the IG-Regea method, the classification was carried out in an office based on a qualitative and quantitative approach. The methods showed divergent classification results for the same risk sector. One presented higher risk levels than the other, a divergence observed in the two municipalities studied. Both methods mostly consider the same parameters, varying significantly in the approach and treatment of information. Another factor responsible for this divergence may be related to the weights assigned to the parameters analyzed in both methods.

Keywords: disaster, risk, landslide, danger, vulnerability, susceptibility.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Localização da área de estudo	2
2. OBJETIVOS	3
3. JUSTIFICATIVA	4
4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.1 Desastres naturais	5
4.2 Entendendo o risco e seus conceitos	7
4.3 Gerenciamento de risco	8
4.4 Movimentos de massa	9
5.3 Método da CPRM	12
5. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1 Método do ministério das cidades / IPT	14
5.2 Método do IG / Regea	16
5.3. Base cartográfica	22
5.3.1 Oficinas técnicas e reuniões.....	22
5.3.2 Delimitação das áreas-alvo para o mapeamento de risco	22
5.3.3 Elaboração da carta de inventário.....	23
5.4 Análise de perigo e vulnerabilidade	23
5.4.1 Pré-campo.....	23
5.4.2 Delimitação dos setores de risco em campo	24
6. RESULTADOS	26
6.1. Áreas-alvo	26
6.1.1 Carta de inventário	26
6.2 Exemplo de análise de perigo e vulnerabilidade em área piloto, parâmetros e conceitos.	28
6.3 Setorização e classificação do risco	31
7. DISCUSSÃO	39
8. CONCLUSÃO	42

1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais no Brasil são registrados majoritariamente após eventos pluviométricos intensos (CORSI, *et. al.*, 2015), com impactos econômicos, materiais e sociais, com ocorrências em regiões densamente povoadas nos grandes centros urbanos. Infelizmente, problemas dessa natureza estão sendo cada vez mais recorrentes, acelerados pelos efeitos das mudanças climáticas, com eventos pluviométricos atípicos (SILVA, 2022; BARIFOUSE, 2022), que desencadeiam movimentos gravitacionais de massa, enxurradas e inundações, com danos e transtornos à sociedade como um todo.

Nos últimos 50 anos, o crescente aumento da densidade demográfica associado ao uso e a ocupação do solo de forma desordenada, promoveu a ocupação por construções e moradias em áreas suscetíveis a eventos geológicos, não apenas na cidade de São Paulo, mas também em cidades da região metropolitana (MIN, 2013). A exposição de edificações a estas áreas e a sua vulnerabilidade, definida em função do padrão e tipo construtivo, colocam as mesmas em uma situação de perigo, por conta disso, são definidas como áreas de risco geológico.

Atualmente, o mapeamento de risco geológico-geotécnico tem se mostrado uma necessidade crescente, diante dos desastres naturais no Brasil, seja nas áreas urbanas densamente povoadas, como também em áreas naturais, procuradas para atividades de turismo de natureza, como em Capitólio (MG). Esses mapeamentos são estratégicos para gerenciamento do risco e proposições de medidas de prevenção.

Os movimentos gravitacionais de massa são processos geológicos comuns e destrutivos, e se desenvolve de acordo com as características e condições do meio físico. O reconhecimento da dinâmica desses processos é importante para que seja possível realizar planejamento preventivo, no sentido de minimizar impactos. Por conta disso, diversos estudos foram desenvolvidos apresentando propostas metodológicas para a caracterização e mapeamento de áreas sujeitas ao desenvolvimento desses processos geológicos.

O método mais utilizado no Brasil, para mapeamento de áreas de risco a movimentos de massa, foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em parceria com o Ministério das Cidades, referidas em Brasil (2007). Um segundo método foi desenvolvido pelo Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG), atualmente Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) em parceria com a Regea, geologia, engenharia e estudos ambientais, apresentado em IG (2020), elaborado a partir do mapeamento de áreas de risco a deslizamentos em 38 municípios da região metropolitana da cidade de São Paulo. Por último, o terceiro método é resultado da parceria entre os governos do Brasil e Japão através do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (GIDES), conduzido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2018).

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar uma análise comparativa entre os métodos citados anteriormente, através da aplicação nos municípios de Santa Isabel - SP e Guararema - SP, ambos localizados na região metropolitana de São Paulo.

1.1 Localização da área de estudo

As áreas de estudo compreendem os municípios de Guararema e Santa Isabel, localizados na porção nordeste da região metropolitana de São Paulo. Partindo da cidade de São Paulo o acesso se dá através da BR-116 rodovia Presidente Dutra, até a cidade de Santa Isabel, que faz divisa com o município de Guararema (Figura 1).

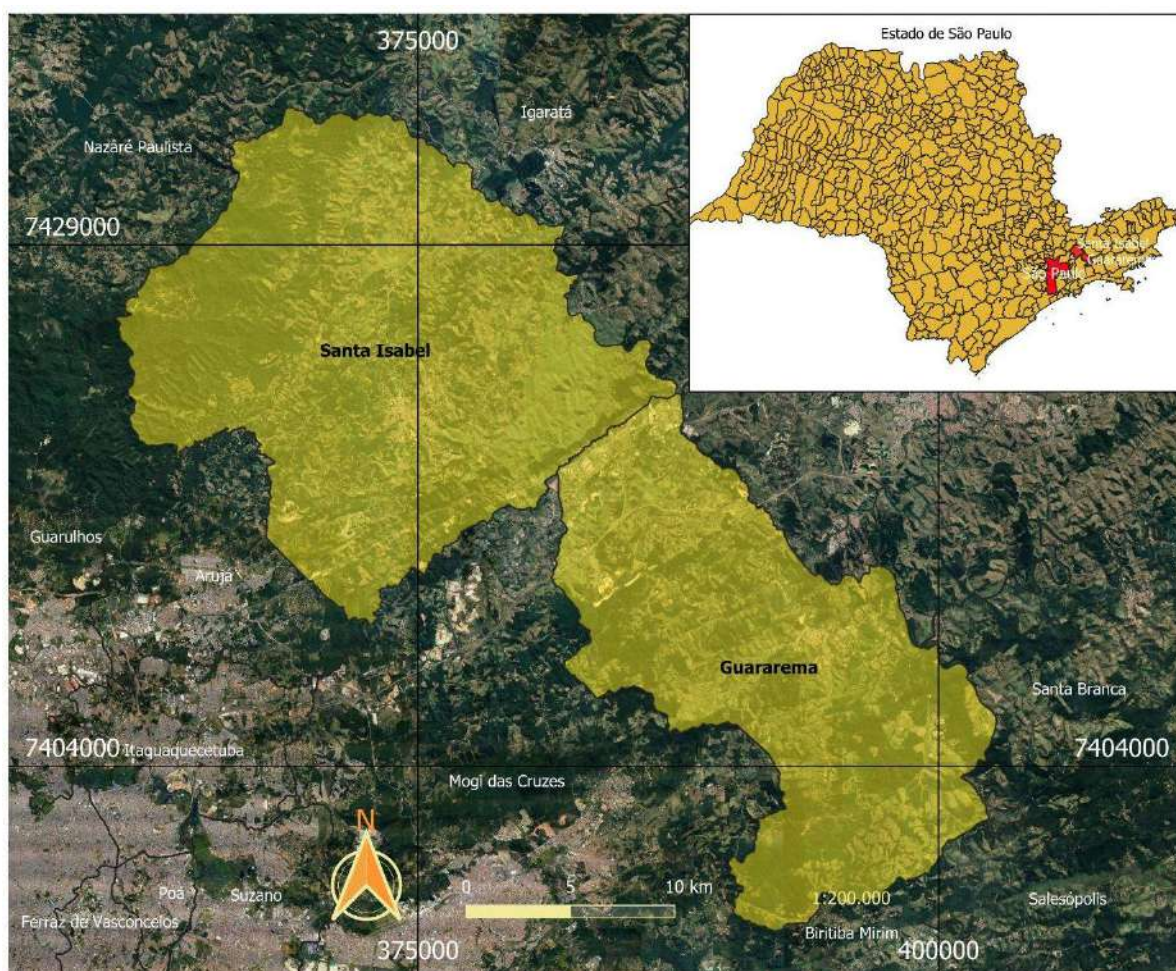


Figura 1 - Mapa de localização dos municípios de Guararema e Santa Isabel. Fonte: Google Earth (2022).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo principal compreender e comparar métodos de setorização de áreas de risco de deslizamento, com a análise da seleção e uso dos atributos de perigo e vulnerabilidade, que resultam na classificação do risco a deslizamentos nos setores mapeados. Basicamente, os métodos são o do M. Cidades / IPT (BRASIL, 2007) e IG / Regea (IG, 2020).

Para o desenvolvimento do trabalho foram estabelecidos alguns objetivos específicos, tais como:

- Fundamentação teórica a partir de pesquisa e revisão bibliográfica sobre o tema proposto.
- Elaboração de carta de inventário com base nos registros de eventos geológicos relacionados a deslizamentos nos municípios que são objeto de estudo.
- Pesquisa em campo, através da aplicação no município de Guararema e Santa Isabel dos métodos de Cartografia para setorização de risco propostos por Brasil (2007) e IG (2020).
- Mapeamento e setorização das áreas alvo, elaboração da cartografia final.

3. JUSTIFICATIVA

Os deslizamentos causam danos econômicos e perdas de vidas humanas, por isso, devem ser profundamente estudados e compreendidos. Em face do cenário atual, com o frequente registro de desastres naturais relacionados a movimentos gravitacionais de massa na região metropolitana de São Paulo, considerando o impacto econômico e social causado por estes eventos, demanda-se a necessidade de uma caracterização eficiente destes processos a partir da aplicação de métodos de cartografia para setorização de risco. Este tipo de mapeamento se apresenta como principal ferramenta para o gerenciamento de áreas suscetíveis a processos geológicos, pois auxilia na tomada de decisões e desenvolvimento de planos de mitigação e prevenção.

O desastre de 2011 ocorrido na região serrana do estado do Rio de Janeiro, causou mil vítimas fatais e motivou a publicação da edição da lei federal 12.608/2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa civil. Esta, modificou outras três leis, primeiro a 10.257/2001, que estabelece obrigatoriedade de desenvolvimento de plano diretor para municípios que apresentarem áreas de suscetibilidade a processos de movimentos de massa, delimitadas a partir de mapeamento. Outra mudança, foi na lei federal 6.766/1979, sobre o parcelamento do solo urbano, criou dispositivos que estabelece o mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos como requisito para aprovação de projetos na abertura de novos loteamentos. A terceira mudança foi na lei Federal 12.340/2010, sobre a transferência de recursos da união a estados e municípios para a prevenção de desastres, que estabelece como requisito o mapeamento de áreas de suscetibilidade a processo geológicos e hidrológicos para a liberação de recursos.

O mapeamento é uma importante ferramenta de gestão de risco de desastres, pois serve como base para a tomadas de decisões e elaboração de planejamentos. Por isso, se faz necessário o estudo e melhoramento constante dos métodos de cartografia para a setorização de risco a deslizamentos, visando a construção de uma base de dados, que auxiliem na escolha dos métodos mais adequados.

Considera-se um avanço termos mais de três métodos de cartografia de risco geológico em uso, porém uma revisão comparativa, com aplicação, pode resultar em aprimoramento das técnicas.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item são apresentados os aspectos relacionados aos desastres naturais associados aos movimentos gravitacionais de massa. Mostra a importância da identificação e caracterização do risco para a sustentabilidade e conservação da integridade física e social da população, bem como da necessidade de integração entre o poder público e sociedade civil, no desenvolvimento da cultura para mitigação e gestão de risco a desastres dessa natureza. Além disso, o tópico cita os conceitos necessários para a classificação do risco, como: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade, risco, características dos movimentos gravitacionais de massa e dos principais processos de escorregamento, por fim, aborda um método alternativo para o mapeamento de áreas de risco no Brasil.

4.1 Desastres naturais

Desastres são caracterizados pela séria interrupção do funcionamento socioeconômico de uma comunidade ou sociedade em qualquer escala, em razão de eventos perigosos que atingem elementos vulneráveis, causando perda de vidas, danos econômicos e ambientais (UNDRR, 2022). A ocorrência de fenômeno natural que modifica a superfície terrestre e atinge áreas ou regiões habitadas, causando danos materiais e humanos é denominado **Desastre Natural** (AMARAL & GUTJAHR, 2011; BELLO *et al.*, 2021).

A redução do risco de desastres é o principal objetivo do Sendai Framework 2015-2030, endossado pela assembleia geral da Organização das Nações Unidas (ONU), ao lado do acordo de Paris e objetivos para o desenvolvimento sustentável, a partir de medidas para compreensão e gestão do risco de forma resiliente.

Os desastres naturais mais frequentes no Brasil estão associados à eventos climáticos, meteorológicos, hidrológicos e geológicos (MIN, 2013; UFSC, 2013). Destacam-se vendavais, incêndios, secas, chuvas intensas, enxurradas, inundações e movimentos de massa, sendo os dois últimos mais letais, principalmente os deslizamentos, que embora sejam processos localizados, são de alta frequência e podem resultar em desastres de grande magnitude. São registrados após eventos pluviométricos intensos, em terrenos de alta declividade e com alta densidade de ocupação por construções de baixo padrão construtivo (Figura 2).

De acordo com a Confederação Nacional dos Municípios (CNM) 7,9 milhões de brasileiros foram afetados por desastres naturais entre janeiro e abril de 2022. É importante salientar que, devido ao excesso de chuvas, 457 pessoas perderam a vida somente nos primeiros 5 meses de 2022, o que representa 25% dos óbitos nos últimos 10 anos, além de prejuízo recorde de R\$ 73 Bilhões (CNM, 2022). Isso se deve principalmente às tragédias de Petrópolis-RJ em fevereiro e Recife-PE e maio (Figura 3), responsáveis pelo maior número de vítimas.



Figura 2 – (A) Deslizamento de terra no Morro da oficina após chuvas intensas em Petrópolis-RJ 2022, (B) Destruição causada pelo desastre. Fonte: REUTERS (2022).



Figura 3 – (A) Deslizamento de terra no Jardim Monte Verde após chuvas intensas em Recife-PE, maio de 2022, (B) Detalhe do desastre com equipes de resgate no local da ocorrência. Fonte: REUTERS (2022).

Infelizmente, o conceito de desastre natural é usado com frequência para justificar tragédias anunciadas. De fato, as mudanças climáticas intensificam os eventos extremos de precipitação, entretanto, não pode ser considerada a única causa de catástrofes (CACCIOTTI *et al.*, 2021; UNICAMP, 2022). O desastre é natural e político, devido à incapacidade do poder público em se integrar à sociedade civil para efetivar a gestão de risco na prática, que visa a implantação de medidas de prevenção, mitigação, alerta e planos de contingência, para redução de vulnerabilidades, aumento da capacidade de enfrentamento e percepção ao perigo, afim de minimizar os danos potenciais.

4.2 Entendendo o risco e seus conceitos

De acordo com Brasil (2007), **evento** é um fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registradas no tempo, sem causar danos econômicos ou sociais. No contexto de desastres naturais, o risco é caracterizado em relação aos eventos de perigo de origem natural e que podem causar danos. Destacam-se os processos geofísicos, meteorológicos, hidrológicos, geológicos, climáticos, biológicos e extraterrestres, que podem ser potencializados por intervenções humanas (BELLO *et al.*, 2021).

A possibilidade de deflagração de um processo, natural ou induzido, devido às características geológicas-geotécnicas e topográficas do terreno é denominada **suscetibilidade** (IPT & CPRM, 2014). A presença de elemento exposto em áreas suscetíveis, com potencial e condição para causar consequências negativas configura uma situação de **perigo** (BRASIL, 2007), que pode aumentar conforme as características de ocupação e intervenção no terreno.

A **vulnerabilidade** do elemento em risco é o fator que determina a escala do desastre, por isso, deve ser analisada em suas múltiplas dimensões (DIAS *et al.*, 2018). Está relacionada à **exposição** de pessoas e bens, em função de fatores físicos, sociais, econômicos, ambientais e padrão construtivo da infraestrutura, que aumentam a suscetibilidade aos impactos de perigos. Não obstante, a capacidade de enfrentamento reduz a vulnerabilidade, por outro lado, a falta de percepção do perigo aumenta a vulnerabilidade (AMARAL & GUTJAHR, 2011).

Em escala global, a equação fundamental do risco é descrita como uma função dos efeitos combinados de perigo, devido a exposição de bens ou pessoas à danos potenciais, e da vulnerabilidade desses elementos (Figura 4). Portanto, o **risco** pode ser entendido como a probabilidade de um resultado ter efeito negativo sobre pessoas, sistemas ou ativos (UNDRR, 2022).

Segundo UNDRR (2022), a pobreza e a desigualdade são vulnerabilidades subjacentes que geram riscos e protagonizam causa e consequência dos desastres. Um exemplo disso, está no fato de que a relação entre pobreza e risco é potencializada devido à rápida urbanização de áreas suscetíveis, que transformam a vulnerabilidade em um fator dinâmico no espaço e no tempo.

O Brasil é um país tropical de dimensões continentais e grande diversidade geológica, geomorfológica, onde parte da população vive em casas adensadas e mal construídas. Esses fatores combinados com os efeitos das mudanças climáticas refletem o aumento frequente no registro de ocorrências de movimentos de massa nos últimos anos, e deixa claro que, na sociedade interconectada de hoje, os impactos se empalham cada vez mais.

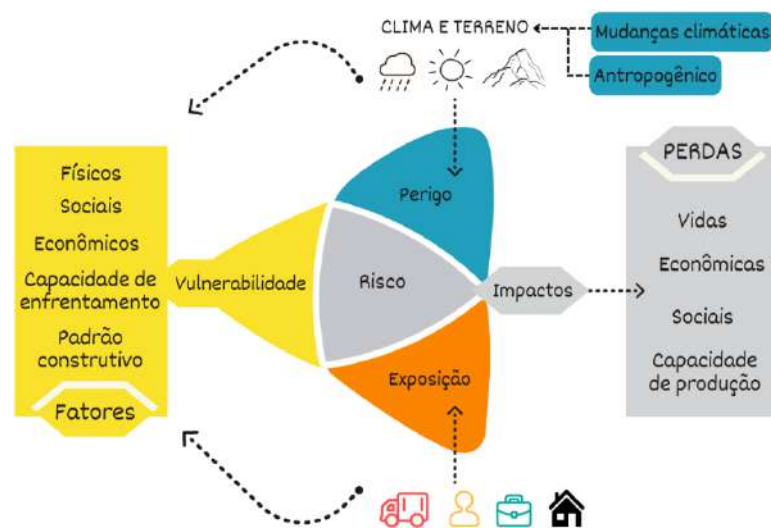


Figura 4 – Entendendo o Risco. Fonte: Modificado de UNDRR (2022).

Embora muitas ações tenham sido feitas e do progresso em sua caracterização, a criação do risco supera a redução do risco. Este problema é função das mudanças climáticas e da vulnerabilidade dinâmica, que no mundo globalizado de hoje se enquadra ao conceito de risco sistêmico, ou seja, crises, guerras, desastres e perdas econômicas, aumentam a desigualdade e suscetibilidade da população ao impacto de desastres (CACCIOTTI *et al.*, 2021; UNDRR, 2022). Por conta disso, o risco sempre deverá existir, porém políticas e ações pessoais podem reverter essa tendência, a partir da melhor compreensão e adoção de medidas para tornar os sistemas de combate e contingência mais resilientes.

4.3 Gerenciamento de risco

Para Amaral e Gutjahr (2011), o gerenciamento de risco é uma importante ferramenta de gestão urbana, que integrada a outras políticas públicas, visa reduzir, prevenir e controlar, de forma permanente a vulnerabilidade e o risco de desastres na sociedade.

A eficiência desse instrumento de gestão deriva do planejamento de ações integradas antes, durante, e depois da ocorrência do desastre (BELLO *et al.*, 2021) (Figura 5). O gerenciamento é realizado a partir de planos de prevenção, mitigação, preparação, alerta, ação integrada de resposta à emergência, reconstrução de desenvolvimento de resiliência.

O planejamento da gestão de risco deve em primeiro lugar estabelecer a estratégia de financiamento da gestão. Isso viabiliza a implantação da estrutura de gestão de risco, que se projeta a partir da identificação dos processos e fenômenos naturais que atingem determinada região e podem constituir situação de perigo, e também no estudo das múltiplas dimensões que alimentam a condição de vulnerabilidade. Segundo Amaral e Gutjahr (2011), essas metas tem o objetivo de educar, preparar e apoiar as comunidades para enfrentar as consequências de desastres.



Figura 5 – Estrutura do gerenciamento de risco. Fonte: Modificado de Amaral e Gutjahr (2011).

O mapeamento de risco é uma ferramenta da gestão de risco que apresenta caráter preventivo. É a base para o desenvolvimento dos demais mecanismos da gestão de risco como por exemplo os planos de contingência, sistemas de alerta e planos de ação integrada. Neste contexto, vale ressaltar, que os municípios de Santa Isabel e Guararema apresentam dados de mapeamentos anteriores, tanto a partir do método do M. Cidades / IPT, quanto do IG / Regea. Entretanto, realizou recentemente atualização tendo em vista mitigação e adoção de medidas estruturais nas áreas de risco.

4.4 Movimentos de massa

Processos de **movimento de massa** são caracterizados pela mobilização de volume de terra, blocos de rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob ação direta da gravidade, podem ser classificados em diferentes tipos com base no tipo de movimento, geometria e natureza do material (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008; TOMINAGA *et al.*, 2009) (Figura 6). As principais classes de processos são: Deslizamentos, Quedas, Corridas de massa e Rastejos (BRASIL, 2007). No Brasil, esses termos são padronizados e estão inseridos à Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).

Os **deslizamentos** consistem no deslocamento de massa (solo, detritos, rocha) ao longo de uma ou várias superfícies de ruptura em função de tensões de cisalhamento (VARNES, 1978; CRUDEN & VARNES, 1996). Segundo Brasil (2007), são processos caracterizados por movimentos rápidos (m/h a m/s), com limites laterais e profundidade bem definidos (superfície de ruptura). O centro de gravidade da massa de solo/rocha se desloca para baixo e para fora do talude, produzindo fissuras e indicando o início do processo (COBRADE, 2022).

A característica e o movimento do material mobilizado ao longo da superfície de ruptura classificam os deslizamentos em três tipos: deslizamento planar, circular e em cunha. De acordo com Brasil (2007), o **deslizamento planar** se desenvolve em solos rasos que apresentam estruturas ou planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade, com geométrica

de pequena espessura e forma retangular (Figura 6A). O segundo, **deslizamento circular**, ocorre a partir de uma superfície de ruptura com geometria circular e concavidade para cima, com eixo de rotação paralelo à superfície do terreno (HIGHLAND & BOBROWSKY, 2008) (Figura 6B). Por fim, o **deslizamento em cunha** se estabelece a partir de dois planos de ruptura do solo ou maciço rochoso.

As **Quedas de blocos** são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre (COBRADE, 2022) (Figura 6C). O movimento pode ser de **tombamento** (Figura 6E), quando ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha abaixo do centro de gravidade da massa desprendida ou **rolamentos** de blocos rochosos ao longo de encostas.

Os processos de **corridas de massa** são deflagrados quando, devido à eventos extremos de precipitação, solo ou rocha, misturado com água, apresenta comportamento de líquido viscoso (COBRADE, 2022).

Segundo Brasil (2007), os **rastejos** são movimentos lentos, que envolvem grandes massas de materiais. Esse tipo de processo não apresenta superfície de ruptura definida, apenas trincas, que se desenvolve em terrenos de baixa declividade (Figura 6F).

Os estudos dos processos relacionados a movimentos de massa próximo a áreas de encostas ocupadas, se destacam entre os mais importantes no Brasil, diante da velocidade de deflagração gerando impactos tangíveis, danos materiais e econômicos, e intangíveis, devido a perda de pessoas e vidas (PISANI & ZMITROWICZ, 1998).

De acordo com Macedo e Silva (2007), os condicionantes para a ocorrência de deslizamentos estão ligados a fatores naturais, como por exemplo, características de relevo e escoamento superficial, além de fatores antrópicos relacionados à ocupação e mudança das características naturais do terreno, em áreas próximas à encosta de alta declividade (Figura 7). Entretanto, os principais agentes deflagradores dos processos de deslizamento são as chuvas e os fatores relacionados à drenagem de água superficial.

No Brasil, os movimentos de massa são mais frequentes na região sul e sudeste devido às condições de relevo e pluviosidade anual. Entretanto, em 2022 eventos extremos de precipitação provocaram tragédias em outras regiões do país, como na região metropolitana de Recife-PE. De acordo com CNM (2022), os eventos negativos relacionados ao excesso de chuvas tornam-se cada vez mais frequentes e severos em decorrência das mudanças climáticas e também da intervenção humana.

A dinâmica acelerada de ocupações inadequadas causa modificações na probabilidade de ocorrência de um processo geodinâmico de uma área antes livre de problemas, que segundo Macedo e Silva (2007) é uma das causas da falta de percepção ao risco por parte dos ocupantes. A carência de informações, sobre as consequências de acidentes associados

a escorregamentos, é também um componente dos problemas para o gerenciamento de áreas de risco no Brasil (NOGUEIRA, 2002; ALVES & OLIVEIRA, 2017; MARTINS *et al.*, 2017).

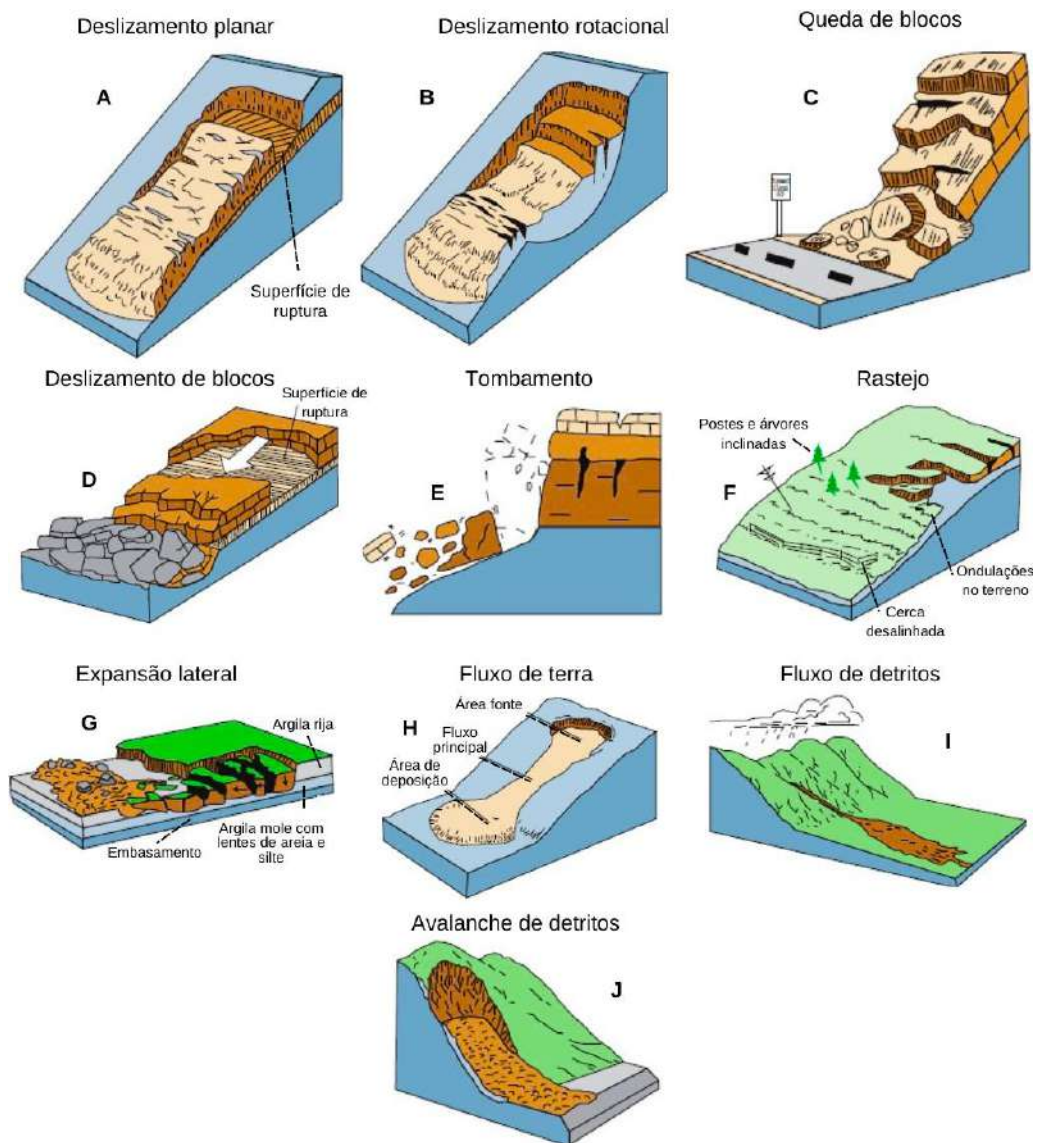


Figura 6 – Principais tipos de movimento de massa. Fonte: Adaptado de USGS (2022).



Figura 7 – Moradias no topo do talude de corte em Guararema-SP, agosto de 2022. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os movimentos de massa mais comuns e que causam o maior número de fatalidades são os deslizamentos, sendo os do tipo planar (ou translacional) aqueles mais frequentes (MONTADON, 2017). Os escorregamentos planares, em áreas urbanas, ocorrem majoritariamente em taludes de corte, decorrentes da ocupação realizada sem planejamento urbano ou fiscalização.

5.3 Método da CPRM

Resultado da troca de conhecimento entre instituições, o método proposto em CPRM (2018) foi desenvolvido a partir do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (GIDES), fruto da parceria entre os governos do Brasil e Japão. Deriva do método proposto em Brasil (2007), portanto, a análise de risco é realizada de forma **qualitativa** em função do perigo, vulnerabilidade e dano potencial.

O método tem por objetivo identificar quatro tipos de movimentos gravitacionais de massa específicos: deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos e queda de blocos, que são delimitados a partir de procedimento específico e de forma individual, além de indicar as áreas de geração e atingimento desses processos, e qualificar o grau de risco.

O método da CPRM foi desenvolvido com base em critérios topográficos e estatísticos, a partir da análise de dados extraídos de estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, posteriormente aplicados em municípios piloto. Os resultados dessas análises e ensaios, atrelado ao conhecimento das instituições envolvidas, culminou para a definição de critérios mínimos necessários à delimitação de áreas com potencial para deflagração de movimentos de massa.

A carta de risco a movimentos gravitacionais de massa, a partir do método CPRM, é desenvolvido em três etapas (Figura 8). A primeira consiste no levantamento dos planos de informação (Base cartográfica, histórico de processos e apontamentos) e delimitação da área de estudo (AE), na segunda realiza-se a análise do perigo em escritório, para delimitação de áreas críticas (AC) e áreas de dispersão, em seguida análise do perigo em campo, para validação, correção e qualificação, por fim, é feita a Análise do risco (AR) com base na vulnerabilidade dos elementos em risco, em quatro classes (Figura 9).

Tendo em vista o desenvolvimento de um trabalho mais abrangente, foi estudada a possibilidade de aplicação do método proposto em CPRM (2018). Entretanto, sua aplicação para as áreas em estudo foi inviabilizada devido à indisponibilidade de Modelo digital de Elevação (MDE) com resolução espacial que permita a produção de mapas de inclinação com acuidade visual na escala mínima de 1:2.000, necessária para a delimitação de áreas críticas, conforme exige a etapa 1 do procedimento para aplicação do método (Figura 10).

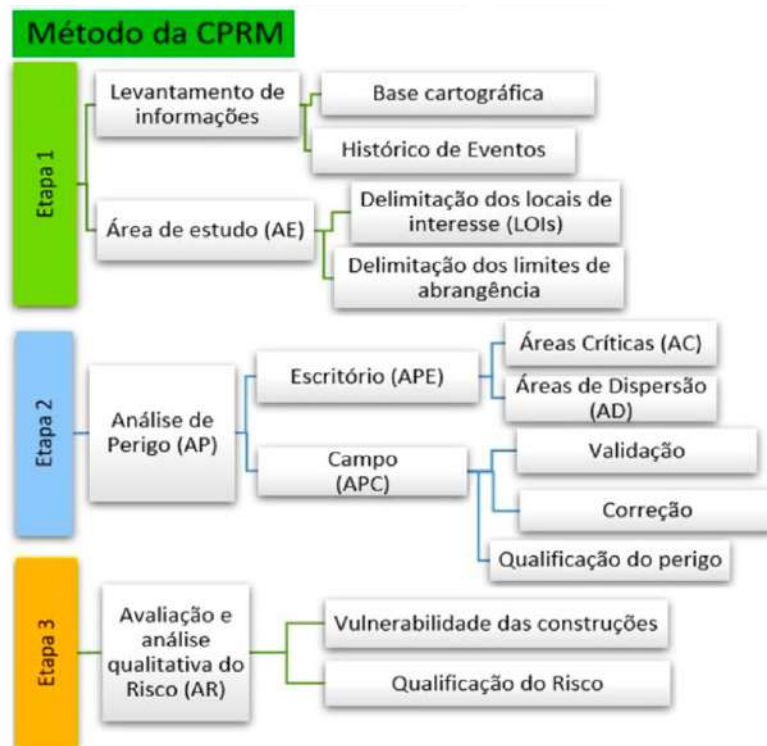


Figura 8 - Fluxograma simplificado com as etapas do método CPRM para o mapeamento de risco a escorregamentos. Fonte: Modificado de CPRM (2018)

Risco	Descrição
Baixo (R1)	- Ausência de indícios de instabilidade no terreno; alto nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local, é baixa a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Moderado (R2)	- Há indícios pouco claros de instabilidade no terreno; alto a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local, é moderada a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Alto (R3)	- Indícios claros de instabilidade no terreno; baixo a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local, é alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Muito Alto (R4)	- Presença marcante de indícios de instabilidade no terreno; baixo nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local, é muito alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.

Figura 9 – Critérios para classificação do grau de risco (CPRM). Fonte: CPRM (2018).

Base de dados	Escala
Base cartográfica obrigatória	
Curvas de nível (extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) ou levantamento topográfico)	Entre 1:1.000 e 1:10.000
Drenagem (extraídas do MDE ou levantamento topográfico)	
Dados adicionais opcionais	
Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa	Entre 1:1.000 e 1:25.000
Malha Urbana	
Plano-Diretor	
Carta Geotécnica	
Imagem (Google Earth, ortofotografias, etc.)	

Figura 10 – Informações obrigatórias e opcionais para formação da base de dados. Fonte: CPRM (2018).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com base, inicialmente, de profunda análise bibliográfica sobre risco geológico, seguida de análise comparativa entre métodos de cartografia para setorização de risco a movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos), ou seja, o método desenvolvido pelo IPT em conjunto com o extinto Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), e o método desenvolvido pelo IG (2020), Instituição atualmente incorporada ao Instituto de Pesquisa Ambiental, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, em parceria com a Regea, geologia, engenharia e estudos ambientais.

Nos dois métodos mencionados, são adotados o conceito de perigo, dano potencial e vulnerabilidade, como principais componentes para o mapeamento e setorização de risco, e em parte compartilham de uma mesma sequência de procedimentos metodológicos de aquisição de dados para a seleção de áreas-alvo, tais como:

- Elaboração de base cartográfica para o desenvolvimento de carta de inventário, com base nas áreas de ocorrências recentes, resultantes do apontamento das reuniões técnicas com as Defesas Civas municipais e entidades públicas responsáveis.

- Pré-setorização a partir da caracterização do meio físico e do uso e ocupação do solo, e delimitação de setores com características homogêneas em relação ao grau de probabilidade ao desenvolvimento dos mesmos processos geológicos.

O método do M. Cidades / IPT é mais antigo e serviu de base para o do IG / Regea, tendo ambos, portanto o mesmo procedimento nas etapas de pré-setorização e coleta dos atributos relacionados aos fatores predisponentes, obtidos em campo, por outro lado, apresentam procedimentos distintos durante o tratamento de dados para classificação e setorização do risco.

O desenvolvimento da carta de inventário serve como base para a elaboração do mapa de risco, indicando e ponderando o dano potencial à ocupação, subdividido em setores com diferentes graus de risco, em função da probabilidade de ocorrência e consequências decorrentes (BRASIL, 2007).

5.1 Método do ministério das cidades / IPT

Nesse método, proposto em Brasil (2007), o mapeamento de risco a deslizamentos é realizado a partir da identificação dos processos geodinâmicos atuantes e da delimitação dos setores homogêneos em função da probabilidade de ocorrência, permitindo a setorização em classes. Os parâmetros fisiográficos relacionados às características do terreno como: declividade ou inclinação do terreno e a tipologia dos processos, seguindo a classificação de (Augusto Filho, 1992), ponderam a suscetibilidade e a possibilidade da ocorrência de eventos destrutivos, caracterizando uma condição de perigo. Por outro lado, os parâmetros

relacionados ao tipo, qualidade e padrão construtivo das ocupações, são preponderantes para a vulnerabilidade.

A classificação do risco leva em consideração os atributos relacionados à possibilidade de ocorrência (Perigo) e o dano potencial (Vulnerabilidade). Segundo Macedo e Silva (2007), o risco resulta da possibilidade de ocorrer um dano em função de uma ameaça capaz de gerar consequências e prejuízos devido a vulnerabilidade de um elemento exposto, mas que podem ser reduzidos pelo grau de resiliência por meio da implantação de medidas de risco.

Os fatores predisponentes utilizados para a análise do risco são agrupados e avaliados de forma **qualitativa** a partir da observação em campo e o preenchimento de uma planilha de verificação, na seguinte ordem:

Critério 1: Avaliação dos fatores condicionantes, que estão relacionados às características da ocupação.

Critério 2: Evidência de movimentação ou cicatrizes.

Critério 3: Tipos de processos geológicos de instabilização

Critério 4: Presença de água e condições de drenagem

Critério 5: Características da vegetação.

A partir da análise dos critérios é realizada de forma qualitativa a avaliação do risco, permitindo a delimitação dos setores em 4 classes, conforme (Figura 11).

Risco	Descrição
Baixo ou sem risco (R1)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa potencialidade dos fatores predisponentes (declividade, características do terreno) e nível de intervenção antrópica. - Não há evidências ou feições de instabilidade da encosta. - Se mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano compreendido por uma estação chuvosa normal.
Médio (R2)	<ul style="list-style-type: none"> - Média potencialidade dos fatores predisponentes (declividade, características do terreno) e nível de intervenção antrópica. - São observadas fracas evidências e algumas feições incipientes de instabilidade da encosta (solo exposto, sulcos erosivos). - Se mantidas as condições existentes, apresenta baixa possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódio de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
Alto (R3)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta potencialidade dos fatores predisponentes (declividade, características do terreno) e nível de intervenção antrópica. - Evidências significativas de processos de instabilização do terreno (trincas no terreno, sulcos erosivos, degraus de abatimento). - Se mantidas as condições existentes, apresenta alta possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódio de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
Muito Alto (R4)	<ul style="list-style-type: none"> - Muito alta potencialidade dos fatores predisponentes (declividade, características do terreno) e nível de intervenção antrópica. - Evidências marcantes de instabilidade do terreno e estruturas (trincas no terreno, degrau de abatimento, cicatriz de escorregamento, trincas em estruturas, árvores, postes e muros inclinados). - Se mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódio de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Figura 11 – Critérios para classificação dos graus de risco (IPT). Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

5.2 Método do IG / Regea

O método do IG / Regea segue a estrutura metodológica para análise de risco proposta em IG (2015), onde o mapeamento de risco a deslizamentos é realizado a partir da setorização de unidades homogêneas em relação ao grau de probabilidade de ocorrência, com a identificação dos fatores relacionados ao perigo e vulnerabilidade mediante observação em campo (Tabela 1). Diferentemente do método do M. Cidades / IPT, neste método os fatores predisponentes são avaliados por meio de uma abordagem **semiquantitativa e qualitativa** para a setorização do risco.

Tabela 1. Características dos dados levantados em trabalhos de campo para o Mapeamento de Perigo de Escorregamento.

VARIÁVEL	DADOS LEVANTADOS EM CAMPO
Perigo de Escorregamento	<ul style="list-style-type: none">• Geometria dos taludes;• Tipo de talude;• Composição e perfil de alteração;• Presença de estruturas geológicas;• Evidências de movimentação;• Tipo de material mobilizado;• Posição das feições de instabilidade;• Geometria do processo ocorrido ou esperado; e• Condições de saturação do terreno.
Vulnerabilidade em áreas urbanas	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de material construtivo predominante;• Padrão construtivo predominante dos imóveis do SR;• Características da infraestrutura de drenagem superficial do SR;• Condições de acesso ao SR; e• Quantidade de unidades familiares no SR.

Fonte: IG (2020)

A análise do risco é realizada em função de índices de perigo e vulnerabilidade, calculados a partir dos dados obtidos em campo. Sendo assim, aos fatores predisponentes relacionados ao perigo e vulnerabilidade, são atribuídas classes de acordo com sua condição, relevância e/ou significância para composição do índice (Tabela 2 e 3). Logo, para cada classe é atribuído um valor numérico, que varia entre 0 e 1, onde zero significa baixa relevância para determinado índice e 1 alta relevância, dessa forma, a somatória de pontos de cada classe permite a definição de um score para cada índice.

De acordo com IG (2020), os fatores selecionados para compor os índices de perigo e vulnerabilidade foram obtidos a partir da equação proposta por Terzagui (1936), que relaciona a razão entre resistência ao cisalhamento e tensões atuantes (Fator de Segurança), onde razões menores que 1 indicam menor estabilidade e aumento do perigo (Figura 12).

O índice de Perigo de escorregamento (P_{ESC}) e de Vulnerabilidade (V_{RCS}) em áreas residenciais, comerciais e de serviços, é obtido a partir da somatória dos produtos entre os valores numéricos atribuídos aos fatores predisponentes e seus pesos, definidos de maneira

empírica, em função de sua maior ou menor influência ao processo de escorregamento e elementos expostos ao Risco. (IG, 2020), equações 1 e 2.

$$P_{ESC} = (0,20 \times FGE) + (0,15 \times FRC) + (0,50 \times FIM) + (0,15 \times FSN) \text{ (Eq.1)}$$

Onde: FGE - Fator geométrico para encosta; FRC - Fator de resistência ao cisalhamento; FIM - Fator de instabilização para movimento de massa; FSN - Fator de saturação natural.

$$V_{RCS} = (0,10 \times FVI) + (0,10 \times FDU) + (0,10 \times FDH) + (0,35 \times FTR) + (0,35 \times FPC) \text{ (Eq.2)}$$

Onde: FVI - Fator viário; FDU - Fator de drenagem urbana; FDH - Fator de Densidade de Habitantes; FTR - Fator de tipologia de resistência construtiva; FPC - Fator de padrão construtivo.

O índice de risco de escorregamento ou movimento de massa (R_{ESC_MM}) é definido através do produto entre os índices de Perigo (P_{ESC}) e de Vulnerabilidade (V_{RCS}), a partir da equação 3. Dessa forma, o risco é calculado para cada setor, que podem ser compartimentados em 5 classes (Figura 13).

$$R_{ESC_MM} = P_{ESC_MM} \times V_{RCS} \text{ (Eq.3)}$$

$FS = \frac{c + \gamma' \cdot h \cdot \cos^2 i \cdot \tan \phi}{\gamma_{sat} \cdot h \cdot \sin i \cdot \cos i}$	<ul style="list-style-type: none"> • c & $\tan \phi$ = Coesão (fator de resistência ao cisalhamento); • γ' / γ_{sat} = peso específico / peso específico saturado (fator de saturação); • $h \cdot \cos^2 i \cdot \tan \phi / h \cdot \sin i \cdot \cos i$ = arranjo geométrico do talude e superfície de ruptura (fator geométrico); • FS = Os valores pré-definidos de FS diminuem com o aumento do Perigo e, desta forma, representam um conjunto de estudos de retro análise, a partir de uma população de movimentos de massa pretéritos (Fator de Instabilização de Movimento de Massa). Notar que, neste caso, o peso que multiplica o valor numérico atribuído do Fator associado ao Fator de Segurança representa metade do peso total dos valores desta equação, de forma que a razão dos dois lados da equação tenha 1 como valor de resultado.
--	--

Figura 12 - Relação da equação de estabilidade de taludes com fatores de análise de perigo de movimentos de massa Fonte: Terzagui (1936) *apud* IG (2020).

RESC_MM 0 - Nulo
RESC_MM 1 - Baixo
RESC_MM 2 - Médio
RESC_MM 3 - Alto
RESC_MM 4 - Muito Alto

Figura 13 – Classificação do grau de risco com base no cálculo do fator de risco (IG). Fonte: Adaptado de IG (2020)

Tabela 2. Atributos e respectivas classes e valores numéricos atribuídos utilizados para o Mapeamento de Perigo de Escorregamento.

ATRIBUTO	CLASSES PREVISTAS	VALOR NUMÉRICO ATRIBUÍDO	CARACTERÍSTICAS DA CLASSE
Fator geométrico para encosta (FGE)	Muito baixa relevância	0,1	Distância da moradia ao talude com proporção superior a 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou encostas com inclinação inferior a 25°. Ou presença de taludes com amplitude inferior a 2 m.
	Baixa relevância	0,3	Distância da moradia ao talude com proporção entre 0,75 e 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou presença de encosta ou talude com inclinação entre 25° e 45° e amplitudes de até 3 m.
	Média relevância	0,5	Distância da moradia ao talude inferior à proporção de 0,75 vezes a amplitude do talude. Presença de taludes ou encostas com inclinação entre 45° e 60° e amplitudes até 5 m.
	Alta relevância	0,8	Distância da moradia ao talude inferior à proporção de 0,75 vezes a amplitude do talude. Presença de taludes ou encostas com inclinação acima de 60°. Ou combinação de amplitudes acima de 5 m em encostas ou taludes acima de 45°.
	Muito alta relevância	1,0	Taludes de corte ou de aterro com inclinação acima de 60° e amplitudes superiores a 10 m.
Fator de resistência ao cisalhamento (FRC)	Boa resistência ao cisalhamento	0,1	Maçiços de textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de ruptura, compostos por: a) Saprolito de material areno-argiloso, areno-siltoso, areno-silto-argiloso, ou ainda silto-arenoso, de compactação dura; e b) Rocha alterada mole (RAM) ou Sedimentos consolidados, de granulometria arenosa, ou silto-arenosa.
	Média resistência ao cisalhamento	0,3	Textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de ruptura, com substrato/matriz de solos eluviais ou saprolíticos de consistência dura (argila) ou areias siltosas compactadas. Ou maciços com descontinuidades que mergulham desfavoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude), em rocha alterada mole (RAM) ou sedimentos consolidados arenosos.
	Baixa resistência ao cisalhamento	0,5	Textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de ruptura, com substrato/matriz de solos eluviais ou saprolíticos de consistência média (argila) ou areias medianamente compactas. Ou maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude), em rocha alterada mole (RAM) de metassedimentos e metapelitos ou sedimentos consolidados argilosos. Ou em solos eluviais e saprolíticos de consistência dura de mesma condição de descontinuidade.
	Péssima resistência ao cisalhamento	0,8	Solos de consistência moles (argiloso) ou compacidade fofa (arenosos), ou depósitos de encosta do tipo colúvio. Ou maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude), em solos de consistência/compacidade mole, fofa ou medianos. Ou para maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, em situação aflorante (mergulho da descontinuidade menor que o mergulho da encosta/talude).
	Condições nulas de resistência ao cisalhamento	1,0	a) Massas mobilizadas de processos de movimentação gravitacional; b) Colúvios com processo de rastejo acentuadamente instalado; c) Depósitos antrópicos, ou aterros sem controle geotécnico, compostos por solos

Tabela 2. Atributos e respectivas classes e valores numéricos atribuídos utilizados para o Mapeamento de Perigo de Escorregamento.

			sem especificação, resíduos de construção civil e/ou resíduos domésticos; d) Corpos de tálus.
Fator de saturação natural (FSN)	Insignificante	0,05	Solo seco, sem sinal de umidade. Solos de composição argilosa deverão apresentar aspecto completamente rígido e/ou empastilhado.
	Significativo	0,4	Solo com indícios de umidade acentuada, sem histórico de surgência d'água. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é sempre considerada como área em condição não saturada, apresentando sinais de umidade oriundos de infiltração local de águas pluviais, podendo apresentar superfície freática na linha da base do talude. Pode corresponder à zona de transição freática vadosa.
	Muito significativo	0,8	Solo com evidências de umidade acentuada, com histórico de surgência d'água em períodos muito chuvosos. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é situada na área de transição para a zona freática (franja capilar) e, embora não sature completamente o maciço (100%), deve ser considerada como zona completamente saturada para eventuais cálculos de estabilidade ou segurança do talude. Ocasionalmente, podem ocorrer surgências no piso próximo à base do talude.
	Muito significativo agravado	1,0	Solo do talude ou encosta apresenta surgência de água na maior parte do ano, incluindo períodos de estiagem. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é considerada como completamente saturada em quaisquer tipos de análise de estabilidade ou segurança do talude.
Fator de instabilização para movimento de massa (FIM)	Inexistente	0,05	O solo não apresenta quaisquer indícios ou evidências de movimentação, exceto por sulcos de erosão superficial e erosão laminar esparsa.
	Baixo	0,25	O solo apresenta processos erosivos instalados, em quantidade ou profundidade de sulcos relevantes.
	Médio	0,5	O solo apresenta evidências de movimentação incipientes e nas áreas mais suscetíveis à observação, como trincas fechadas em pisos e paredes de moradias do topo do talude, ou sinais de recalque de pequeno porte no piso.
	Alto	0,8	O solo apresenta evidências de instabilização do terreno, tais como: cicatrizes de escorregamentos de pequeno porte e depósitos de escorregamentos pretéritos ou, ainda, evidências de movimentações que indicam a instalação de processo de escorregamento, como: degraus de abatimento de amplitude centimétrica, múltiplas trincas ao longo do solo, paredes, muros ou paredões rochosos, além de árvores e muros inclinados.
	Muito alto	1,0	O solo apresenta múltiplas evidências de movimentação, indicando ativação de processos ou reativação de processos pretérito. Ocorrem evidências como cicatrizes e depósitos de escorregamentos recentes, associados a outras evidências de movimentação, como degraus de abatimento de amplitude centimétrica ou superior, abertura de trincas no solo, paredes, muros ou paredões rochosos ou, ainda, árvores inclinadas e muros embarrigados.

Fonte: IG (2020)

Tabela 3. Atributos e respectivas classes e valores numéricos atribuídos utilizados para análise e classificação da Vulnerabilidade para processos de escorregamentos e movimentos de massa.

ATRIBUTO	CLASSES PREVISTAS	VALOR NUMÉRICO ATRIBUÍDO	CARACTERÍSTICAS DA CLASSE
Fator viário (FVI)	Acesso muito limitado	1,0	Vias de acesso estreitas ou excessivamente inclinadas, comportando apenas trânsito de pedestres, com escadarias e estruturas de acesso em estado de conservação precário.
	Acesso limitado	0,8	Vias de acesso estreitas ou excessivamente inclinadas, comportando apenas trânsito de pedestres, com escadarias e estruturas de acesso em bom estado de conservação.
	Acesso medianamente limitado	0,5	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam apenas a circulação de veículos com tração nas 4 rodas ou equivalente.
	Acesso pouco limitado	0,3	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam a circulação de veículos pequenos, como carros de passeio, mas não comportam veículos de maior porte como ambulâncias, caminhões e ônibus.
	Acesso sem limitação	0,1	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam a circulação de ambulâncias, caminhões e ônibus.
Fator de drenagem urbana (FDU)	Drenagem urbana inexistente	1,0	Residências com lançamento de águas pluviais e/ou servidas diretamente sobre os taludes, com sistema público de drenagem superficial ausente. Evidências de erosão intensa na superfície dos taludes ou nas vias de acesso, formando sulcos e ravinas de dimensões decimétricas.
	Drenagem urbana precária	0,8	Residências com lançamento de águas pluviais e/ou servidas sobre os taludes, com sistema público de drenagem superficial precário. Evidências de erosão na superfície dos taludes ou nas vias de acesso de dimensões centimétricas a decimétricas.
	Drenagem urbana razoável	0,5	Residências com captação insuficiente de águas pluviais e/ou servidas, com presença de sistema público de drenagem superficial. Sem evidências de erosão na superfície dos taludes ou nas vias de acesso.
	Drenagem urbana boa	0,3	Residências com captação de águas pluviais e/ou servidas, conectadas adequadamente ao sistema público de drenagem superficial em bom estado de conservação, porém sem galerias de águas pluviais.
	Drenagem urbana muito boa	0,1	Residências com captação de águas pluviais e/ou servidas, conectadas adequadamente ao sistema público de drenagem superficial em bom estado de conservação, com presença de galerias de águas pluviais.
Fator de densidade de habitantes (FDH)	Densidade muito alta	1,0	Setores contendo mais que 60 Unidades Familiares.
	Densidade alta	0,8	Setores contendo entre 36 e 60 Unidades Familiares.
	Densidade mediana	0,5	Setores contendo entre 21 e 35 Unidades Familiares.
	Densidade baixa	0,3	Setores contendo entre 09 e 20 Unidades Familiares.
	Densidade muito baixa	0,1	Setores contendo até 08 Unidades Familiares.
Fator de tipologia de resistência construtiva (FTR)	Baixa resistência	1,0	Estruturas da edificação construídas sem uso de alvenaria, restringindo-se apenas ao uso de materiais de menor resistência, como madeira.
	Média resistência	0,5	Estruturas da edificação construídas parcialmente com alvenaria e parcialmente com materiais de menor resistência, como madeira.
	Alta resistência	0,1	Estruturas da edificação construídas exclusivamente com alvenaria.
	Baixo padrão	1,0	Moradias com fundações inadequadas, inexistentes ou completamente expostas, e/ou apresentam

Tabela 3. Atributos e respectivas classes e valores numéricos atribuídos utilizados para análise e classificação da Vulnerabilidade para processos de escorregamentos e movimentos de massa.

ATRIBUTO	CLASSES PREVISTAS	VALOR NUMÉRICO ATRIBUÍDO	CARACTERÍSTICAS DA CLASSE
Fator de padrão construtivo (FPC)			ausência de estruturas como colunas, vigas ou lajes em concreto armado.
	Médio padrão	0,5	Moradias com fundações inadequadas ou parcialmente expostas, e/ou apresentam parte da estrutura da edificação com colunas, vigas ou lajes em concreto armado, com uma parcela da edificação sem uso dessas estruturas.
	Alto padrão	0,1	Moradias com fundações adequadas, e/ou presença de estruturas que aumentam a resistência da edificação, como colunas, vigas e lajes em concreto. Por vezes, apresentam múltiplos pavimentos.

Fonte: IG (2020)

O método desenvolvido pelo antigo Instituto Geológico (IG), foi elaborada com base no método do M. Cidades / IPT. Por isso, é importante salientar que os dois compartilham do mesmo procedimento nas etapas de pré-setorização e coleta dos atributos relacionados aos fatores predisponentes, obtidos em campo, por outro lado, apresentam procedimentos distintos durante o tratamento de dados para classificação e setorização do risco. Logo, a delimitação das unidades de análise segue o mesmo procedimento para ambos os métodos (Figura 14).

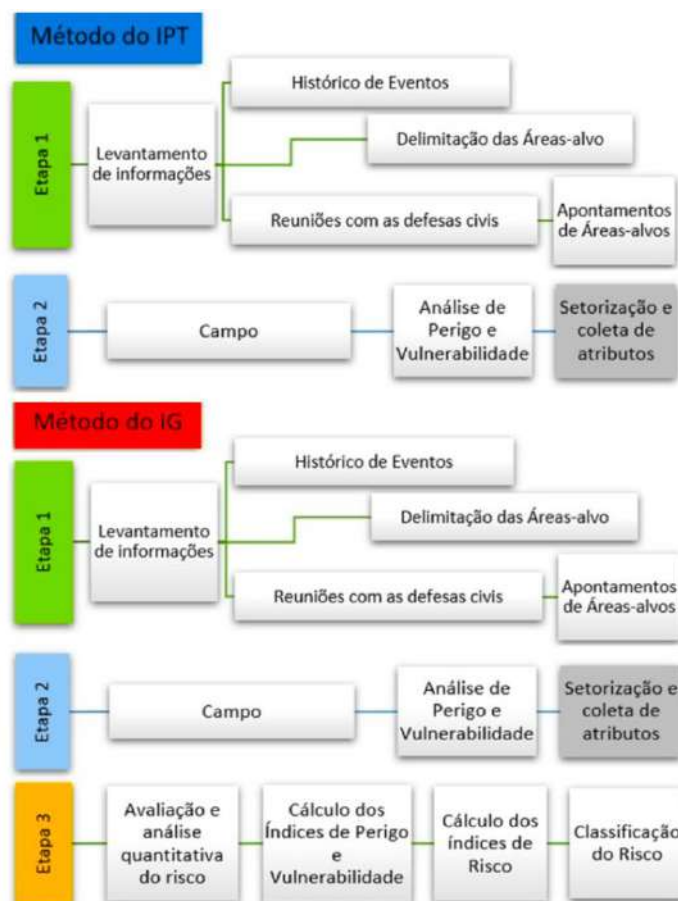


Figura 14 - Fluxograma simplificado com as etapas das metodologias do IPT, IG e CPRM para o mapeamento de risco a escorregamento. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3. Base cartográfica

O mapeamento de risco dos municípios de Santa Isabel e Guararema foi desenvolvido nas escalas 1:50.000 e 1:25.000 (cartas de Inventário) e 1:1.500 (cartas de risco geológico). O desenvolvimento de cartas de suscetibilidade em escala regional, usados para delimitação de áreas-alvo no método IG / Regea, não foi necessário, já que este dado foi disponibilizado em mapeamento recente realizado em 2020.

Para o mapeamento de risco a movimentos gravitacionais de massa, foi realizada compilação bibliográfica e elaboração de mapas temáticos como auxílio ao desenvolvimento da carta de inventário.

5.3.1 Oficinas técnicas e reuniões

Aos seis dias do mês de julho de 2022 foram realizadas oficinas com as defesas civis dos municípios de Santa Isabel e Guararema. Etapa importante para o levantamento de informações sobre as bases de dados disponíveis, áreas críticas e com histórico de ocorrências, além da disponibilização de dados referente aos mapeamentos anteriores e apontamento de novas áreas.

A compilação de dados a partir das oficinas técnicas resultou em informações sobre o histórico de ocorrências para o processo de movimento de massa. Referem-se principalmente aos mapeamentos realizados pelo instituto de pesquisas tecnológicas (IPT) e Instituto Geológico (IG) em 2019, como base no registro de ocorrências de eventos deflagrados no ano de 2010 no município de Guararema, em razão de eventos chuvosos atípicos, além disso, em áreas com ocupação urbana onde já existe histórico de acidentes e das áreas onde há possibilidade de deflagração de escorregamentos com potencial para causar acidentes.

Os dados referentes aos mapeamentos anteriores foram usados para confirmação das áreas que permanecem em risco e as que foram mitigadas. Além dessa atualização, foram discutidas novas áreas com base no registro de ocorrências recentes, que resultaram no apontamento das áreas-alvo para a atualização do mapeamento.

5.3.2 Delimitação das áreas-alvo para o mapeamento de risco

A delimitação das áreas-alvo na escala de detalhe foi realizada a partir da pré-setorização de áreas críticas. Para isso, primeiro foi realizado o levantamento do plano de informações por meio de reuniões e oficinas técnicas com as COMDECs, que forneceu informações sobre o registro de ocorrências de eventos e de mapeamentos anteriores. Além disso, foram discutidas atualização da base de dados cartográficos e disponibilização do

cadastro de eventos geodinâmicos dos municípios. Portanto, a delimitação das áreas-alvo foi realizada a partir das seguintes fontes:

- Levantamento e organização das informações fornecidas pelas defesas civis municipais nas oficinas técnicas.
- Atualização das bases de dados cartográficos disponíveis para os municípios estudados.
- Delimitação e organização dos apontamentos das áreas-alvo, consideradas mais críticas e com histórico de ocorrência.
- Compilação e organização do cadastro de eventos geodinâmicos relacionados a movimentos de massa.

5.3.3 Elaboração da carta de inventário

A elaboração da carta de inventário teve como objetivo a compilação de dados dos mapeamentos anteriores e dos registos de ocorrências de deslizamentos nos municípios de Guararema e Santa Isabel. O histórico de ocorrências e apontamento de alvos é importante para que o direcionamento dos esforços tenha enfoque nas áreas consideradas mais críticas.

O objetivo da carta de inventário foi a organização e espacialização das informações e dos registos fornecidos pelas defesas civis. Para isso, os dados foram representados em mapa na escala de 1:50.000, com destaque para os limites do município, principais rodovias e ferrovias, área urbanizada, mapeamentos pretéritos e delimitação das áreas-alvo do mapeamento atual.

5.4 Análise de perigo e vulnerabilidade

O trabalho de campo foi realizado visando principalmente a delimitação dos setores homogêneos com base nas condições de perigo e vulnerabilidade, ou seja, características fisiográficas do terreno, presença de fatores predisponentes e características da ocupação no terreno. No município de Santa Isabel este levantamento foi realizado entre os dias 18 de julho e 3 de agosto de 2022 e no município de Guararema entre os dias 18 a 15 de agosto de 2022.

5.4.1 Pré-campo

A partir da delimitação das áreas-alvo e do desenvolvimento da carta de inventário, a campanha de campo foi organizada da seguinte maneira:

- Organização do plano de informação geográfica em sistema SIG.

- Ajuste e impressão de mapas individuais para cada área-alvo em tamanho A3 na escala de detalhe 1:1.500.

- Elaboração e impressão do mapa índice em tamanho A3 e sem escala, mostrando a espacialização de todas as áreas-alvo no município (Figura 15).

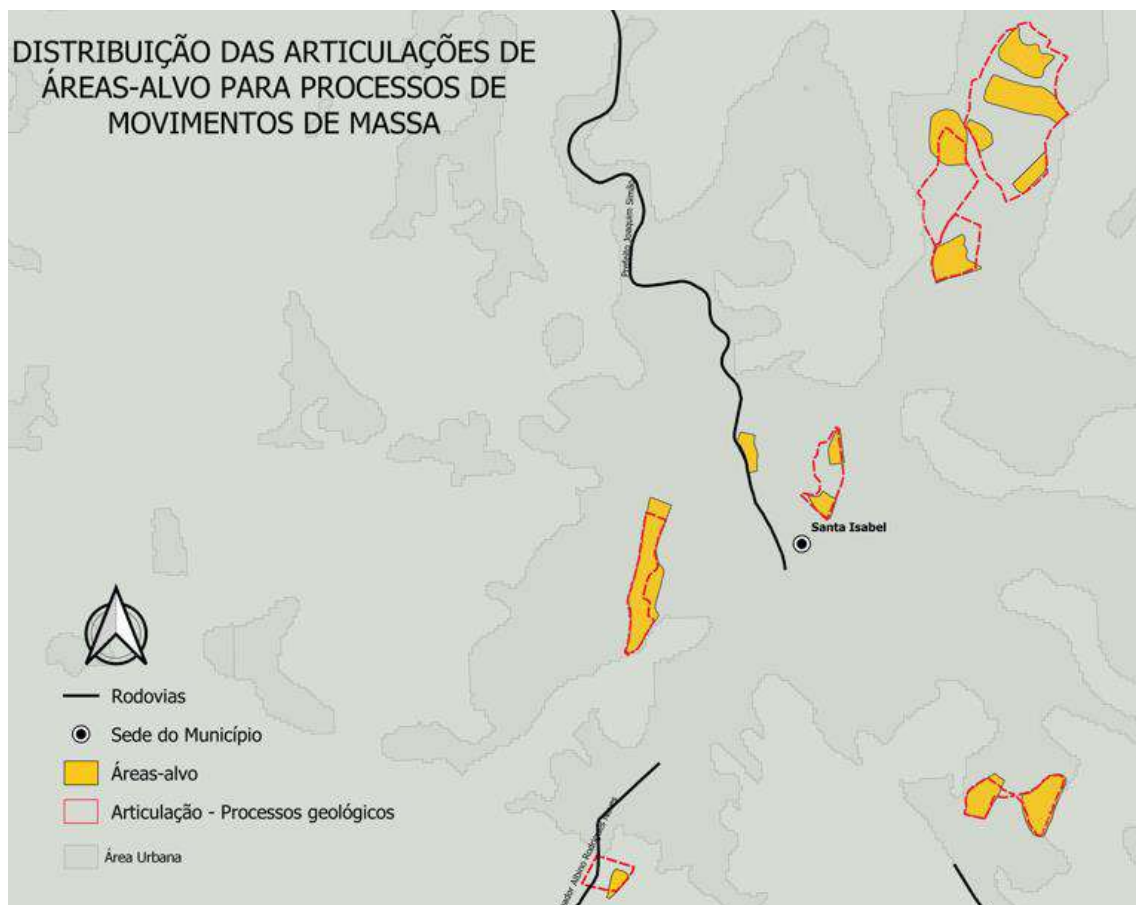


Figura 15 – Mapa de localização de áreas-alvo do município de Santa Isabel. Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.2 Delimitação dos setores de risco em campo

Para as duas metodologias M. Cidades/IPT e IG, o processo de delimitação dos setores em campo foi realizado a partir dos alvos apontados nas reuniões e oficinas com as defesas civis, da seguinte forma:

- Observações no entorno das áreas para revisão dos limites pré-estabelecidos, junto a visada geral do alvo a partir de um mirante.

- Ajuste e retificação dos limites da área alvo para mapeamento na escala de 1:1.500.

- Realização de entrevista com moradores da área-alvo e representantes da defesa civil municipal.

- Compartimentação dos setores homogêneos em relação às características de perigo e vulnerabilidade, através da observação e análise dos seus atributos, conforme descrito abaixo:

- **Perigo** – Observação de indicadores relacionados aos fatores fisiográficos do terreno, a suscetibilidade e probabilidade de deflagração do processo de escorregamento natural ou induzida em função da intervenção humana no terreno, tais como: Característica morfológica e morfométricas da encosta ou terreno, geologia e pedologia, estruturas favoráveis e/ou desfavoráveis a estabilidade, evidências de movimentação no terreno (Figura 16A).
- **Vulnerabilidade** – Identificação e observação do padrão construtivo de moradias, densidade de ocupação, distância do elemento exposto à base ou crista dos taludes, condições de drenagem superficial, da via de circulação e acesso (Figura 16B).

- Identificação e localização do setor no mapa em escala 1:1.500 e documentação de imagens contendo a visão geral do setor e dos fatores predisponentes observados.



Figura 16– (16A) Degrau de abatimento em setor com grau de risco muito alto; (16B) moradia de baixo padrão construtivo a 1m do topo do talude de corte, município de Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

6. RESULTADOS

6.1. Áreas-alvo

Durante a oficina, foi decidido com as Defesas Civas que o mapeamento fosse direcionado para as áreas-alvo resultantes dos apontamentos, com enfoque para áreas críticas em função da ocupação urbana e histórico de eventos. O resultado do registro e apontamentos de áreas-alvo estão quantificados, conforme (Tabela 4).

Tabela 4 – Número de informações disponibilizadas pelas Defesas Civas Municipais e quantidade de apontamentos realizados nas reuniões técnicas.

Fonte	Município	Deslizamentos e movimentos de massa	
		Áreas	Setores
IPT	Guararema		14
	Santa Isabel		8
IG	Guararema		49
	Santa Isabel		17
Reunião COMDEC	Guararema	20	
	Santa Isabel	13	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As reuniões com as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDEC) resultaram, portanto, no apontamento de áreas-alvo para processo de movimentos gravitacionais de massa, sendo 13 áreas no município de Santa Isabel, com abrangência total de 0,278 km² e 20 áreas para o município de Guararema, com extensão total de 0,307 km². Estas áreas são apresentadas na (Tabela 5).

Tabela 5 – Áreas-alvo resultado do apontamento das defesas civis, para o mapeamento de risco a movimentos gravitacionais de massa.

Município	Escorregamentos e movimentos de massa	Abrangência (Km2)
Guararema	20	0,307
Santa Isabel	13	0,278
Total	33	0,585

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.1.1 Carta de inventário

Como resultado destes apontamentos foi produzido mapa com a delimitação das áreas alvo e mapeamentos anteriores, conforme apresentado nas Figuras 17 e 18 (Anexos 1 e 2).

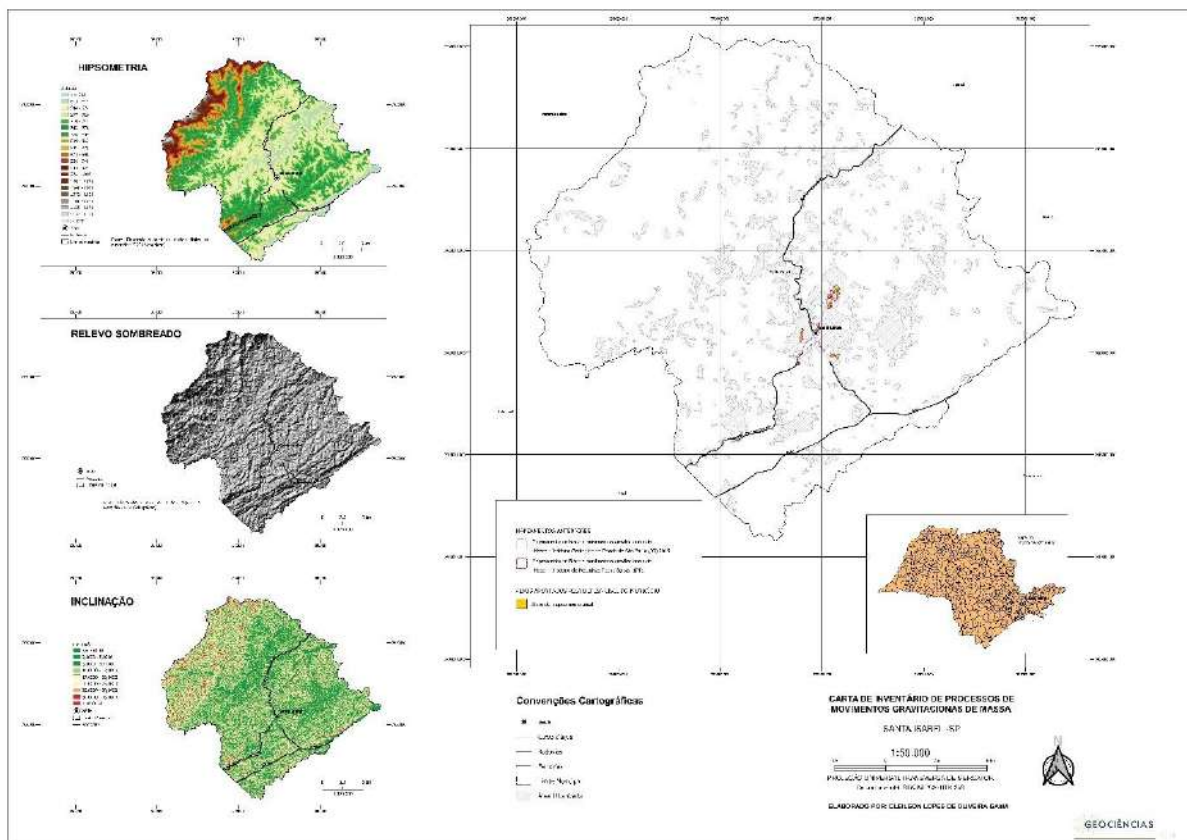


Figura 17 – Carta de inventário de processos de movimentos gravitacionais de massa, município de Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

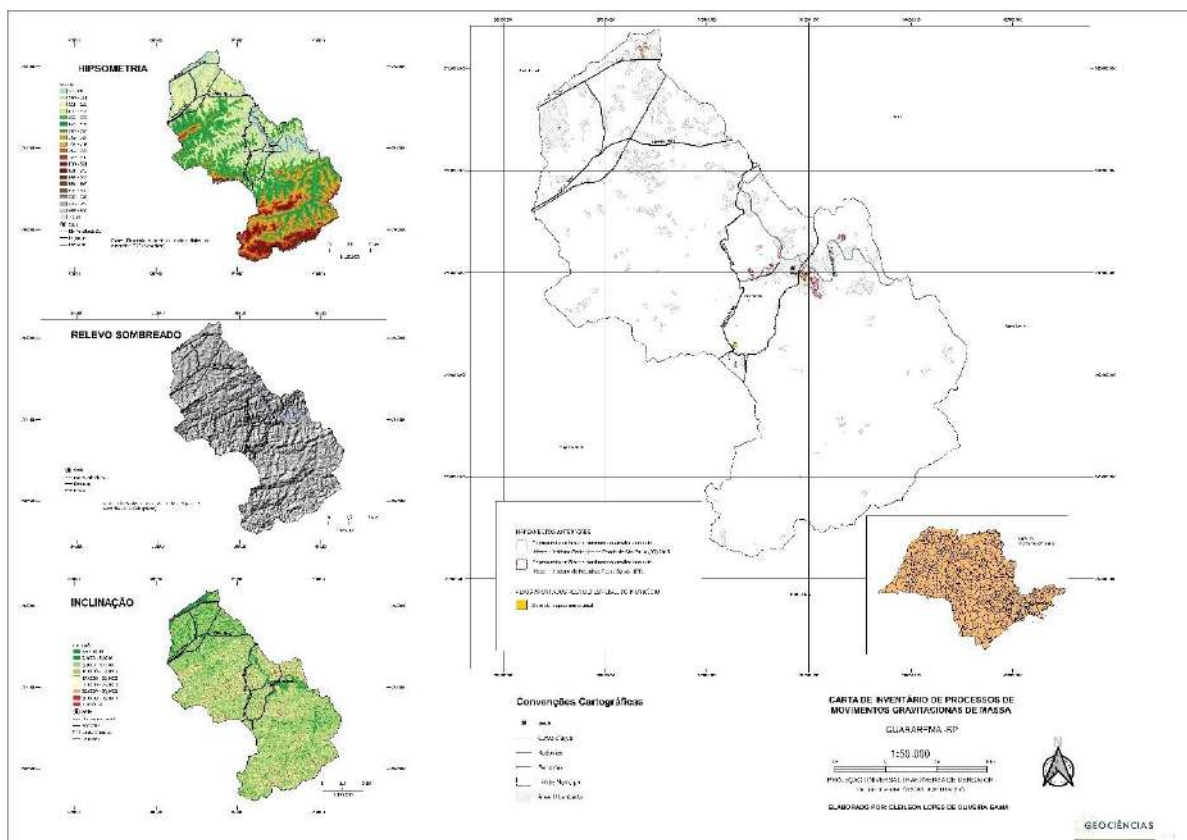


Figura 18 – Carta de inventário de processos de movimentos gravitacionais de massa, município de Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 Exemplo de análise de perigo e vulnerabilidade em área piloto, parâmetros e conceitos.

Os alvos apontados e definidos na etapa de pré-setorização são denominados **áreas de risco** (Figura 19). É uma região inserida no mesmo contexto fisiográfico de compartimentação, com elementos expostos a determinados riscos de desastres. Por outro lado, os **setores de risco** são a subdivisões de áreas de risco, onde os elementos estão expostos ao mesmo grau de perigo e vulnerabilidade.

Em campo, a primeira ação para início do mapeamento foi de **localização** e coleta de dados sobre acessibilidade e ocupação. Essas informações foram inseridas na ficha de caracterização de risco a movimentos gravitacionais de massa (Figura 20), preenchidas ao decorrer da vistoria. A etapa seguinte foi de **caracterização do local** de estudo para determinar a inclinação da encosta ou corte (Figura 22A), tipo de talude (natural, corte), tipo de material (solo, rocha ou aterro), presença de matacões, bananeira, lixo entulho, distância da moradia ao topo ou base dos taludes (Figura 22C), características da vegetação e condições de drenagem.

As feições de **movimentação do terreno** são determinantes para a classificação do grau de risco. É o parâmetro de maior peso na composição do perigo, pois indica a ocorrência pretérita ou instalação de processo esperado. Feições dessa natureza foram observadas no setor estudado, cicatriz de deslizamento planar recente (22D), trincas no terreno (Figura 22E), muro ou paredes trincados ou em colapso (Figura 22F). Além disso, o talude e a presença de materiais indicaram sobre tipologia dos **processos de instabilização** ocorridos e esperados.

A composição do material e o tipo de estrutura das moradias indicaram o grau de vulnerabilidade do elemento exposto. Moradias de madeira em situação precária a jusante de depósito antrópico em terreno com declividade maior que 30° entraram no registro (Figura 22G). Não obstante, foram identificados pontos de lançamento de água servida diretamente em talude de corte com solo exposto, fluindo em via de acesso sem pavimentação (Figura 22H).

O levantamento de informações a partir dos fatores de perigo e vulnerabilidade deram subsídio para a **classificação do grau de risco**. Utilizando o método do M. Cidades / IPT, o risco foi classificado ainda no local. Entretanto, para o método do IG, o risco foi calculado em escritório, o resultado para a área piloto é apresentado na ficha de caracterização de movimentos gravitacionais de massa (Figura 20).

A setorização de risco foi finalizada após a classificação e elaboração do **mapa de setor de risco**. Além disso, foram inseridas à ficha, a **documentação fotográfica** da área de risco estudada, com o registro das feições mais importantes consideradas para a análise através de fotos e croquis (Figura 21). Por fim, foi realizada a contagem de mordias.



Figura 19– Exemplo de setorização a partir de área de risco. Fonte: Elaborado pelo autor.

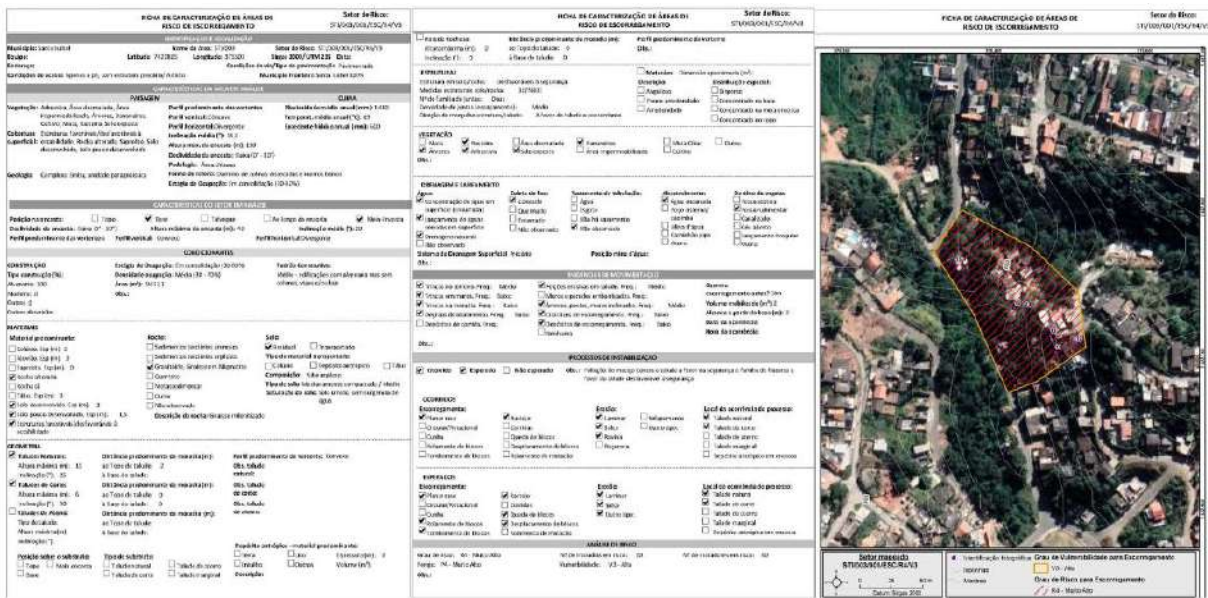


Figura 20– Exemplo de setorização a partir de área de risco, ficha e mapa do setor. Fonte: Arquivo interno REGEA (2022).

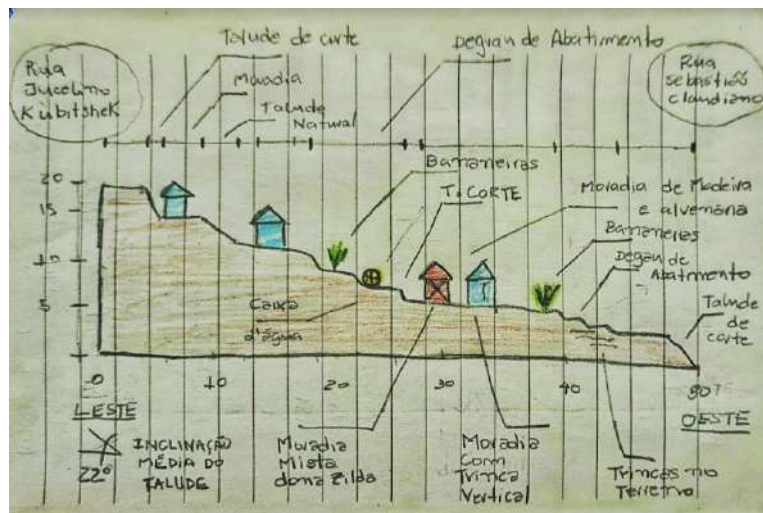


Figura 21– Principais feições de instabilização observadas no setor. Fonte: Elaborado pelo autor.

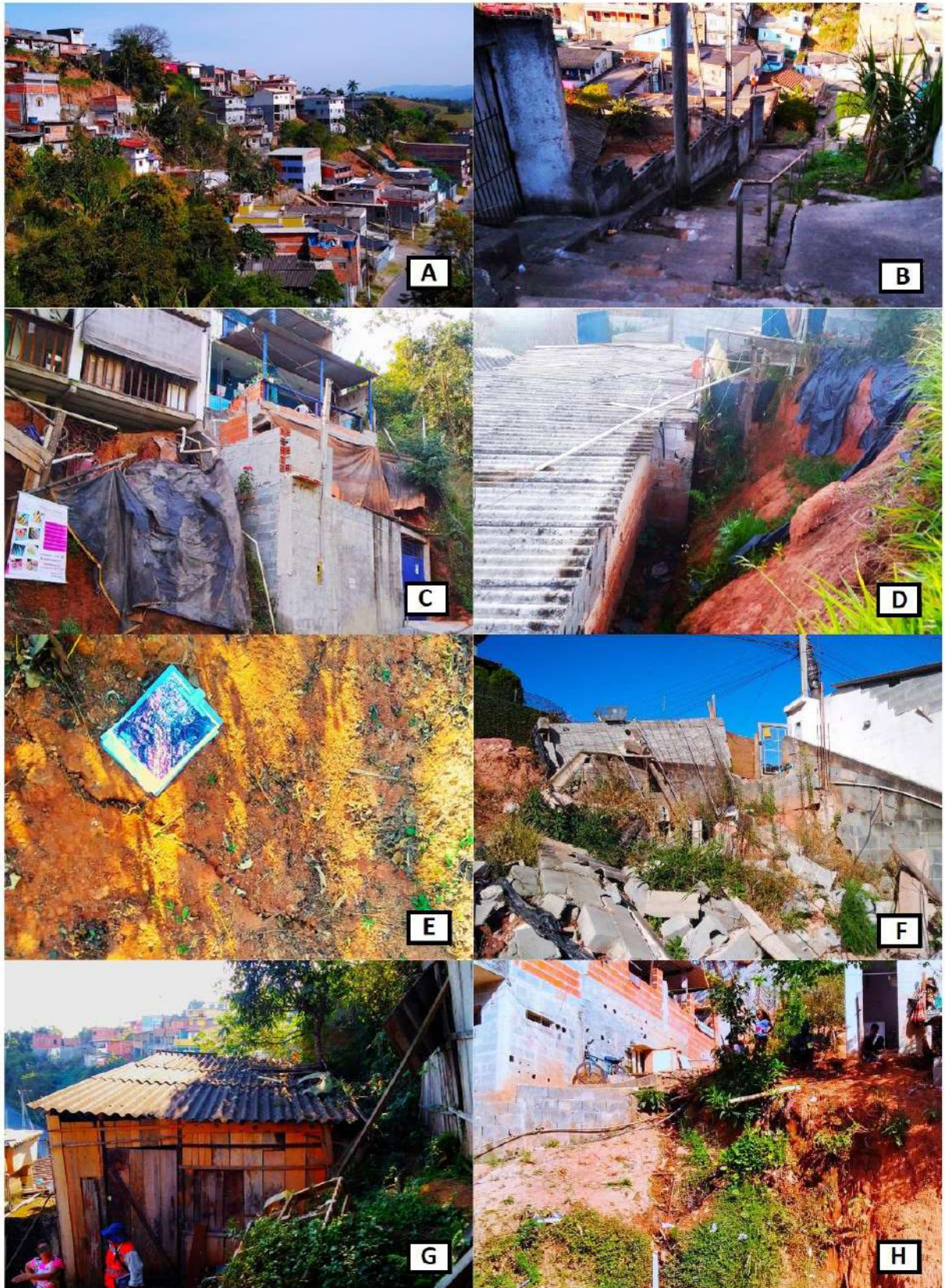


Figura 22– Fatores de perigo e vulnerabilidade em setor de risco no município de Santa Isabel – SP, 2022. (22A) Visão geral da inclinação da encosta; (22B) Acessibilidade; (22C) Moradia no todo do talude de corte, (22D) Deslizamento planar recente; (22E) Trincas no terreno; (22F) Muro em colapso; (22G) Moradia de madeira; Lançamento de água servida. Fonte: Elaborado pelo autor.

As características geológico-geotécnicas observadas e identificadas nos municípios estudados, podem justificar o tipo de processo de movimento de massa predominante. Em Santa Isabel-SP, por exemplo, a litologias mais observadas foram Gnaisses-milonitizados alterados com dobramento antiformal em maciço fraturado, mas principalmente solo residual pouco desenvolvido. A variação dos planos de foliação associados às famílias de fraturas, foi interpretada como condicionante para instalação de processos de deslizamento em cunha, tombamento, rolamento e queda de blocos. Entretanto, na maioria das áreas, a predominância de cobertura de solo residual silto-argiloso condiciona o deslizamento planar como principal processo esperado.

Em Guararema-SP, as litologias identificadas nas áreas de risco foram Gnaisses-milonitizados e dobrados, com solo residual pouco desenvolvido, além de siltitos e arenitos para leste do município, na porção sul da bacia de Taubaté. Portanto, maciços rochosos deformados, fraturados e aflorantes, foram considerados para o desenvolvimento tombamentos e quedas de blocos. Apesar da presença de rochas sedimentares brandas, o solo residual é predominantemente raso, por isso, não foi identificado potencial para o desenvolvimento de deslizamentos circulares, apenas feições erosivas superficiais, laminar e sulcos.

No geral, a predominância de solo residual raso eleva o processo de deslizamento planar para o ranking dos mais esperados. Em todas as áreas de risco vistoriadas, o tipo de material, taludes e encostas, indicaram que os translacionais oferecem maior perigo e ameaça, devido à frequência.

6.3 Setorização e classificação do risco

A setorização do risco para a metodologia do M. Cidades / IPT foi realizada após a qualificação do perigo e da vulnerabilidade, permitindo a compartimentação de setores homogêneos. Para esta metodologia a classificação do risco é realizada apenas de forma qualitativa. Por outro lado, a setorização a partir da metodologia do IG, analisa os atributos de perigo e vulnerabilidade de forma semiquantitativa e qualitativa, onde o risco é classificado com base nos índices de perigo e vulnerabilidade. Portanto, a compartimentação dos setores homogêneos em relação as características de perigo e vulnerabilidade segue o mesmo procedimento, observando os mesmos atributos. Porém, análise destes dados para a classificação do risco foi realizada com procedimentos distintos entre as metodologias.

Para a metodologia do M. Cidades / IPT, a setorização e qualificação das áreas de risco movimentos de massa foi realizada em campo (Tabela 6). Por outro lado, a setorização e classificação do risco a partir da metodologia do IG foi realizado após o processamento dos atributos e cálculo dos índices de perigo e vulnerabilidade (Tabela 7). Estes valores foram aplicados à equação 3, citada anteriormente, para o cálculo dos índices de risco (Tabela 8).

A partir disso, foi possível a realização da análise comparativa entre as metodologias, no que diz respeito à qualificação do risco aos processos de escorregamento, para os municípios de Santa Isabel (Tabela 9) e Guararema (Tabela 10).

Tabela 6 –Classificação do risco e número de setores, metodologia do M. Cidades/IPT.

Município	Grau de Risco	Nº de setores
Guararema	R1	3
	R2	17
	R3	12
	R4	3
Subtotal		35
Santa Isabel	R1	0
	R2	9
	R3	8
	R4	6
Subtotal		23

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 –Classificação do perigo e vulnerabilidade por setor, metodologia do IG.

Santa Isabel			
Área	Setor	Perigo	Vulnerabilidade
STI/002	STI/002/003	P1 - Muito Baixo e Baixo	V2 - Moderada
STI/004	STI/004/001	P1 - Muito Baixo e Baixo	V2 - Moderada
STI/005	STI/005/001	P1 - Muito Baixo e Baixo	V2 - Moderada
STI/002	STI/002/002	P4 - Muito Alto	V1 - Baixa
STI/005	STI/005/003	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/001	STI/001/001	P3 - Alto	V2 - Moderada
STI/002	STI/002/001	P3 - Alto	V2 - Moderada
STI/003	STI/003/001	P4 - Muito Alto	V3 - Alta
STI/002	STI/002/004	P4 - Muito Alto	V2 - Moderada
STI/011	STI/011/002	P4 - Muito Alto	V3 - Alta
STI/009	STI/009/001	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/007	STI/007/001	P1 - Muito Baixo e Baixo	V3 - Alta
STI/010	STI/010/001	P1 - Muito Baixo e Baixo	V1 - Baixa
STI/008	STI/008/001	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/012	STI/012/001	P4 - Muito Alto	V2 - Moderada
STI/001	STI/001/002	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/007	STI/007/003	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/007	STI/007/002	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/013	STI/013/001	P4 - Muito Alto	V3 - Alta
STI/011	STI/011/001	P3 - Alto	V2 - Moderada
STI/005	STI/005/002	P3 - Alto	V1 - Baixa
STI/012	STI/012/002	P4 - Muito Alto	V1 - Baixa
STI/006	STI/006/001	P1 - Muito Baixo e Baixo	V2 - Moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 –Classificação do risco e número de setores, metodologia do IG.

Município	Grau de Risco	N° de setores
	R0	0
Guararema	R1	11
	R2	17
	R3	4
	R4	3
Subtotal		35
	R0	0
Santa Isabel	R1	5
	R2	11
	R3	5
	R4	2
Subtotal		23

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Tabela comparativa da setorização de risco para as metodologias do M. Cidades e IG, Município de Santa Isabel-SP.

Santa Isabel		Risco	
Área	Sector	M.cidades/IPT	IG
STI/002	STI/002/003	R2 - Médio	R1 – Baixo
STI/004	STI/004/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
STI/005	STI/005/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
STI/002	STI/002/002	R4 - Muito Alto	R3 - Alto
STI/005	STI/005/003	R4 - Muito Alto	R2 - Médio
STI/001	STI/001/001	R2 - Médio	R2 - Médio
STI/002	STI/002/001	R3 - Alto	R3 - Alto
STI/003	STI/003/001	R4 - Muito Alto	R4 - Muito Alto
STI/002	STI/002/004	R4 - Muito Alto	R3 - Alto
STI/011	STI/011/002	R3 - Alto	R4 - Muito Alto
STI/009	STI/009/001	R3 - Alto	R2 - Médio
STI/007	STI/007/001	R2 - Médio	R2 - Médio
STI/010	STI/010/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
STI/008	STI/008/001	R2 - Médio	R2 - Médio
STI/012	STI/012/001	R3 - Alto	R3 - Alto
STI/001	STI/001/002	R3 - Alto	R2 - Médio
STI/007	STI/007/003	R3 - Alto	R2 - Médio
STI/007	STI/007/002	R3 - Alto	R2 - Médio
STI/013	STI/013/001	R4 - Muito Alto	R3 - Alto
STI/011	STI/011/001	R2 - Médio	R2 - Médio
STI/005	STI/005/002	R3 - Alto	R2 - Médio
STI/012	STI/012/002	R4 - Muito Alto	R2 - Médio
STI/006	STI/006/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
			Grau de risco maior
			Grau de risco menor
			Grau de risco igual

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Tabela comparativa da setorização de risco para as metodologias do M. Cidades e IG, Município de Guararema-SP.

Guararema		Risco	
Área	Setor	M.cidades/IPT	IG
GUA/012	GUA/012/003	R3 - Alto	R3 - Alto
GUA/002	GUA/002/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/013	GUA/013/001	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/008	GUA/008/002	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/004	GUA/004/001	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/012	GUA/012/002	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/019	GUA/019/002	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/005	GUA/005/002	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/020	GUA/020/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/001	GUA/001/002	R1 - Baixo	R1 – Baixo
GUA/005	GUA/005/003	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/016	GUA/016/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/003	GUA/003/002	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/016	GUA/016/002	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/015	GUA/015/002	R4 - Muito Alto	R4 - Muito Alto
GUA/015	GUA/015/003	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/012	GUA/012/001	R1 - Baixo	R1 – Baixo
GUA/018	GUA/018/001	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/002	GUA/002/002	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/005	GUA/005/001	R4 - Muito Alto	R3 - Alto
GUA/017	GUA/017/001	R2 - Médio	R2 - Médio
GUA/010	GUA/010/001	R2 - Médio	R3 - Alto
GUA/009	GUA/009/002	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/003	GUA/003/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/006	GUA/006/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/009	GUA/009/001	R3 - Alto	R4 - Muito Alto
GUA/018	GUA/018/002	R4 - Muito Alto	R3 - Alto
GUA/015	GUA/015/001	R3 - Alto	R4 - Muito Alto
GUA/019	GUA/019/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/008	GUA/008/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/014	GUA/014/001	R2 - Médio	R1 – Baixo
GUA/006	GUA/006/002	R1 - Muito Baixo	R1 – Baixo
GUA/001	GUA/001/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/007	GUA/007/001	R3 - Alto	R2 - Médio
GUA/011	GUA/011/001	R2 - Médio	R2 - Médio

	Grau de risco maior
	Grau de risco menor
	Grau de risco igual

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na última etapa do mapeamento foi realizado o processamento dos dados coletados durante a campanha de campo e delimitação dos setores em SIG. Nesta fase, os mapas e articulações com os setores mapeados, foram escaneados e digitalizados, através dos softwares QGIS e ArcGis. Este procedimento permitiu a vetorização dos setores traçados em

campo, que foram processados e resultaram nos mapas de setor de risco a movimentos gravitacionais de massa, contemplando os dois métodos por município, Santa Isabel (Figura 23 e 24) e Guararema (25 e 26), (Anexos 3 a 6).

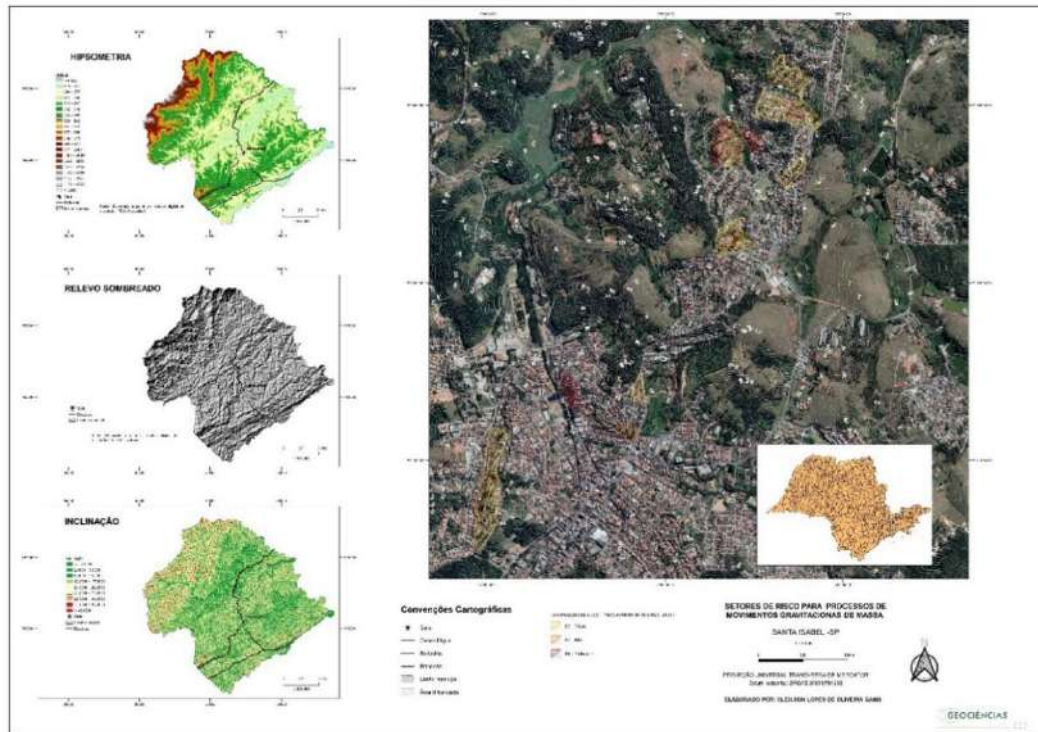


Figura 23 – Mapa de setores de risco a movimentos gravitacionais de massa, método M. Cidades/IPT, Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

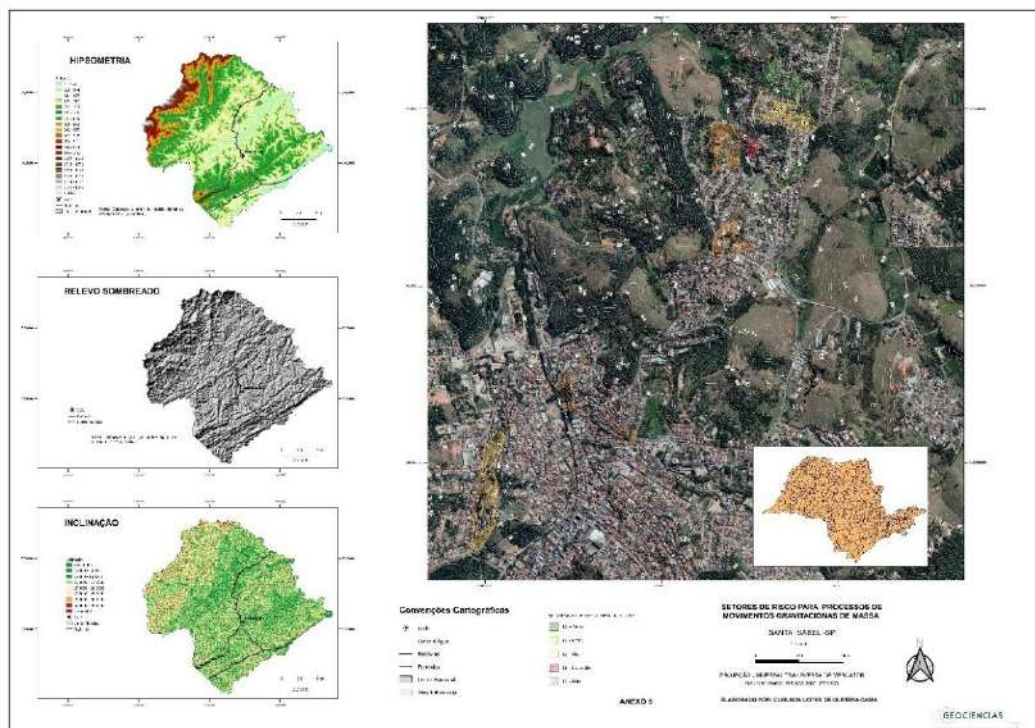


Figura 24 – Mapa de setores de risco a movimentos gravitacionais de massa, método IG / Regea, Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

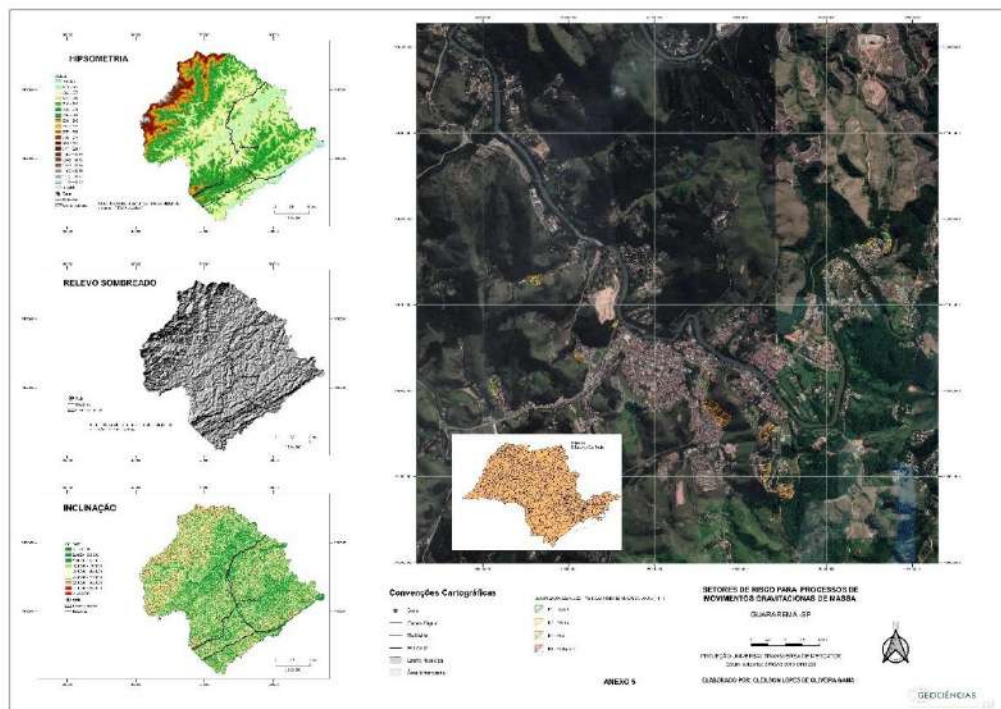


Figura 25 – Mapa de setores de risco a movimentos gravitacionais de massa, método M. Cidades/IPT, Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

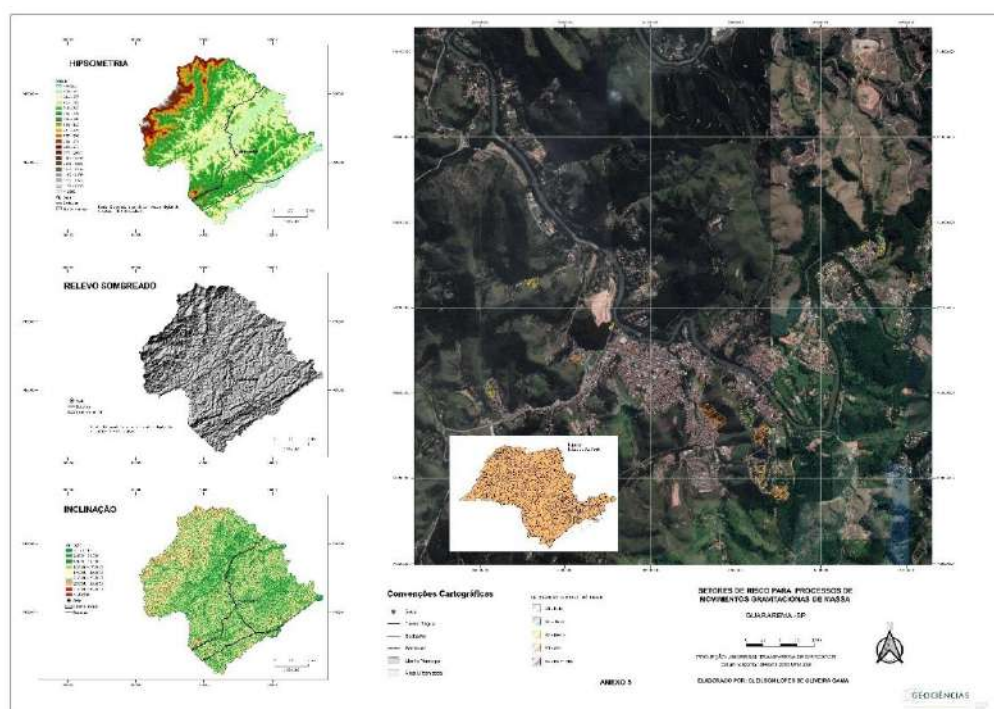


Figura 26 – Mapa de setores de risco a movimentos gravitacionais de massa, método IG / Regea, Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

Para análise entre as metodologias foi elaborada uma tabela comparativa com todos os parâmetros considerados para a classificação do perigo e vulnerabilidade (Tabela 11). A primeira metade, relacionada aos fatores de perigo, foi subdividida em três parâmetros: características do local (topografia, posição da ocupação, natureza do material, presença de

materiais), agentes deflagradores e mitigadores (estado do material e vegetação) e indicadores de movimentação (feições de instabilização do terreno).

A segunda metade do quadro considera os fatores de vulnerabilidade para a comparação. Nesta, são levados em conta as características das moradias (ocupação e padrão construtivo) e características do local (condições do sistema viário e drenagem urbana).

Na tabela de comparação de parâmetros foram inseridos os valores dos pesos de cada item, considerados no cálculo dos índices de perigo e vulnerabilidade da metodologia do IG. Isso permite melhor visualização dos fatores mais influentes na composição do risco, uma vez que, a análise numérica faz parte de sua abordagem.

Tabela 11 – Comparação dos parâmetros de análise de perigo e vulnerabilidade para duas metodologias de mapeamento de risco a escorregamentos, apresentadas em Brasil (2007) e IG (2020).

COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS DE ANÁLISE DE PERIGO E VULNERABILIDADE PARA DUAS METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE RISCO A ESCORREGAMENTOS				METODOLOGIA		
				M. Cidades / IPT	IG	
			Fatores Predisponentes	Análise	Análise	Peso
FATORES DE PERIGO	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Topografia	Declividade	A	A	20%
			Tipo e geometria do talude (inclinação, amplitude, natural, corte ou aterro)	A	A	
		Posição da ocupação	Distância da moradia ao topo dos taludes	B	A	
			Distância da moradia à base dos taludes	B	A	
			Amplitude do talude	B	A	
			Posição da moradia em relação ao talude (topo/meia-encosta/base)	B	B	
		Natureza do Material	Rocha, solo, aterro	B	A	15%
			Presença de Estruturas geológicas (Fraturnas e planos de fraqueza)	B	A	
			Orientação e mergulho de estruturas geológicas (favoráveis ou desfavoráveis à segurança da encosta)	B	A	
		Presença de materiais	Matações	B	B	
	Entulho		B	A		
	Bananeira		B	C		
	AGENTES DEFLAGRADORES E MITIGADORES	Estado do Material	Umidade natural do solo (estado de saturação)	B	A	15%
			Infiltração de água pluvial	B	A	
			Surgência de água	B	A	
		Vegetação	Presença de árvores	B	C	-
	Vegetação rasteira		B	C		
	Área desmatada		B	C		

INDICADORES DE MOVIMENTAÇÃO	Feições de instabilização do terreno	Área de cultivo	B	C	50%	
		Erosão laminar, sulcos, ravinas, boçorocas	A	A		
		Trincas no terreno	A	A		
		Trincas em paredões rochosos	A	A		
		Trincas em moradias	A	A		
		Degrau de abatimento	A	A		
		Muros/paredes embarrigados	A	A		
		Potes e árvores inclinadas	A	A		
		Cicatriz de deslizamento	A	A		
		Depósito de escorregamento pretérito	A	A		
		Geometria do processo ocorrido	A	B		
		Geometria do processo esperado	A	B		
					100%	
FATORES DE VULNERABILIDADE	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Viário	Acesso livre para ônibus, caminhões, ambulâncias e veículos 1.0	B	A	10%
			Conservação de escadarias e estruturas de acesso	A	A	
			Pavimentação das vias de acesso	A	A	
FATORES DE VULNERABILIDADE	CARACTERÍSTICAS DO LOCAL	Drenagem Urbana	Lançamento de águas pluviais nos taludes	A	A	10%
			Lançamento de água servida nos taludes	A	A	
			Sistema público de drenagem superficial	A	A	
			Sistema de coleta de esgoto	A	A	
			Vazamento de tubulações	A	A	
			Evidências de erosão na superfície dos taludes ou vias de acesso	A	A	
			Origem do abastecimento de água (tubulação/mangueira)	A	C	
FATORES DE VULNERABILIDADE	MORADIAS	Ocupação e padrão construtivo	Densidade de ocupação	C	A	10%
			Estrutura e infraestrutura das edificações (Fundação, lajes, vigas e pilares)	C	A	35%
			Tipologia de resistência construtiva (Alvenaria, madeira).	A	A	35%
						100%
RISCO	CLASSIFICAÇÃO	Abordagem	Qualitativa	A	C	
			Qualitativa e Quantitativa	C	A	
A = CONSIDERA O PARÂMETRO INTEGRALMENTE						
B = CONSIDERA O PARÂMETRO PARCIALMENTE						
C = DESCONSIDERA O PARÂMETRO						
NOTA: 1- PARA A METODOLOGIA DO IG O NÍVEL DE RELEVÂNCIA FOI ATRIBUÍDO DE ACORDO COM OS RESPECTIVOS PESOS DOS PARÂMETROS UTILIZADOS NO CÁLCULO DOS ÍNDICES DE PERIGO E VULNERABILIDADE.						

Fonte: Elaborado pelo autor.

7. DISCUSSÃO

A tabela 9, mostra a classificação do risco à deslizamentos por setor, a partir das duas metodologias analisadas, do município de Santa Isabel. A metodologia do M. Cidades/IPT, apresentou níveis de risco superiores em relação a outra, com tendência divergente de um grau de risco. Em termos de compatibilidade de setorização, 16 setores divergiram e apenas 7 convergiram, ou seja, divergência de aproximadamente 70% (Figura 27).

A análise da distribuição de frequência mostra que o grau de risco que mais divergiu foi o R2, na maioria dos casos caiu um grau, partindo da metodologia do M. Cidades/IPT para IG (Figura 28). Essa predominância pode estar relacionada ao número de setores que receberam esta classificação.



Figura 27 – Concordância entre os resultados da setorização para o município de Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

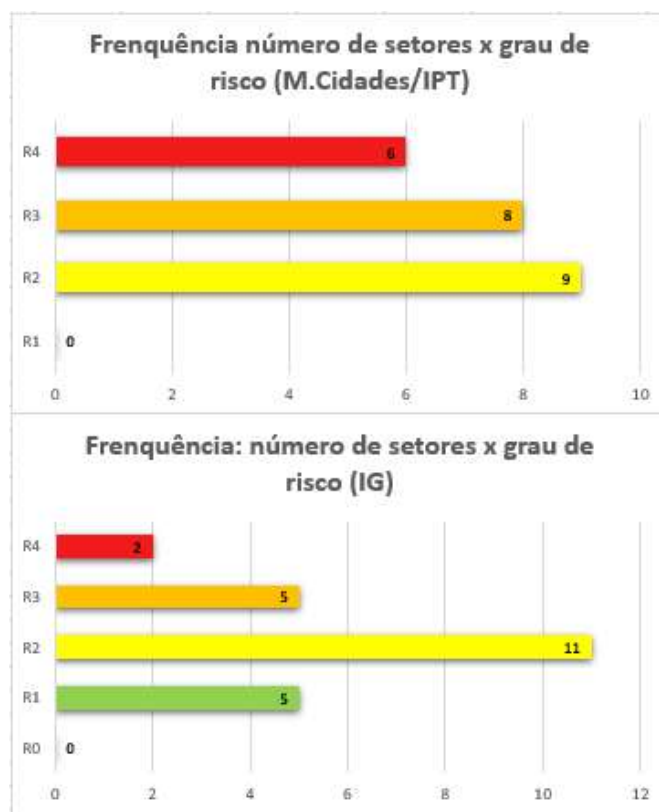


Figura 28 – Município de Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da tabela 10 é possível realizar o mesmo tipo de análise anterior, para o município de Guararema. Em relação à compatibilidade de setorização, foram 22 setores divergentes e 13 convergentes, divergência de aproximadamente 63% (Figura 29).

Neste caso, a análise de distribuição de frequência dos graus de risco por setores, mostra um padrão parecido com o observado para o município de Santa Isabel, onde o R2 foi o que mais variou de uma metodologia para outra (Figura 30).

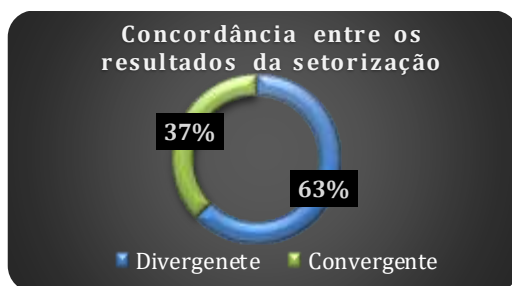


Figura 29 – Concordância entre os resultados da setorização para o município de Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

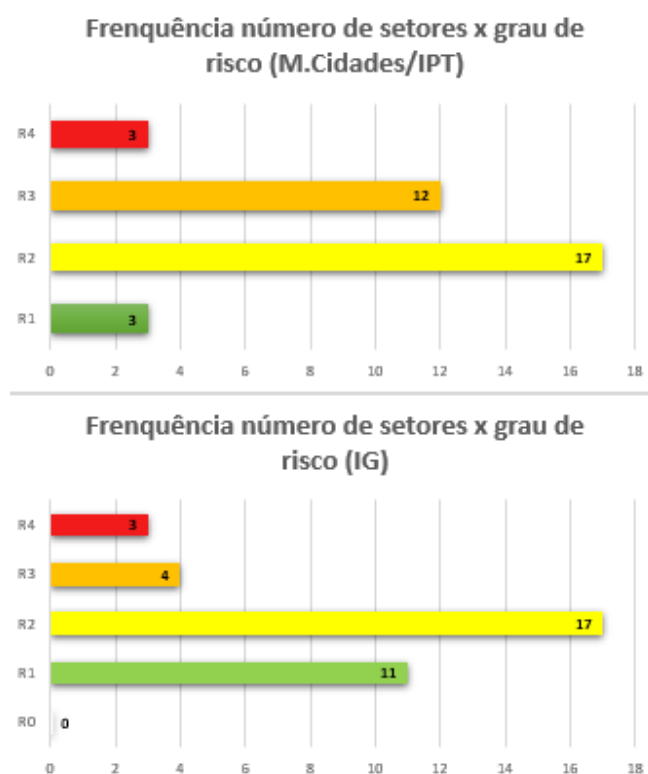


Figura 30 – Município de Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor

A análise dos setores discordantes, mostra que grau de risco de poucos setores variou para cima, partindo da metodologia do M. Cidades/IPT para IG. Isso mostra uma tendência mais conservadora da metodologia do IG para classificação da magnitude do risco, ou seja, o setor de risco que na metodologia do M. Cidades/IPT foi classificado como R2, desce o nível

para R1, está mesma rotina foi observada para os setores de Santa Isabel (Figura 31) e Guararema (Figura 32).

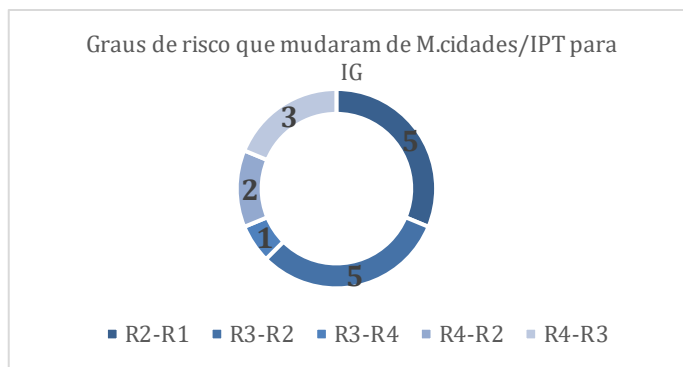


Figura 31 – Grau de risco que apresentaram variação entre si, Santa Isabel-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

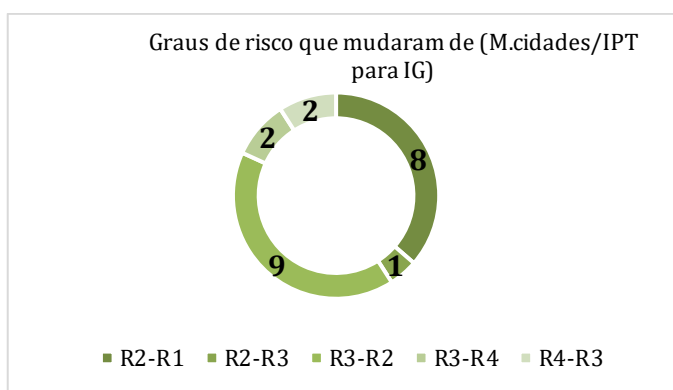


Figura 32 – Grau de risco que apresentaram variação entre si, Guararema-SP. Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da análise dos gráficos que mostram as divergências na compatibilidade de setorização entre as duas metodologias, chama atenção o fato de que, para os dois municípios, estes valores foram próximos à 68% em média. Isso indica que os parâmetros considerados para composição e classificação do risco, bem como o tipo de análise (qualitativa ou quantitativa) produzem resultados diferentes em aproximadamente um grau de risco na maioria dos casos.

A tabela 11, mostra que para a classificação do grau de perigo, nas duas metodologias, o parâmetro indicador de movimentação tem peso na metade da composição do risco, já para a vulnerabilidade a o padrão construtivo das moradias corresponde a mais da metade da composição do risco. Por tanto, é possível observar que as duas metodologias levam em consideração os principais parâmetros que compõem o risco.

8. CONCLUSÃO

Uma das possibilidades que pode explicar a divergência na setorização do risco é o tipo de abordagem. A abordagem simplesmente qualitativa do método M. Cidades/IPT, é dependente da experiência do técnico de mapeamento, pois a classificação do risco requer sensibilidade do profissional para compilação de todas as informações observadas durante a vistoria, ou seja, a classificação sofre influência direta da interpretação do profissional. Isso implica em um caráter conservador na avaliação do risco.

No método IG / Regea, o tratamento numérico dos parâmetros sintetiza as feições observadas e evidências dos processos. A atribuição de escores numéricos permite a compilação dos dados de forma mais apurada, o que evita vieses em função da interpretação do profissional. Isso porque o profissional é obrigado a atribuir um score numérico que já está tabelado em intervalo de valores. Neste caso, basta o profissional interpretar os fatores de perigo e vulnerabilidade para aplicação do método.

Outro fator que pode ser responsável por essa divergência, está relacionado aos pesos atribuídos aos parâmetros analisados. No caso do método M. Cidades/IPT, os pesos são atribuídos de forma subjetiva em virtude de sua característica e abordagem, por conta disso, a interpretação pode variar a depender do ponto de vista do profissional. Esse fato, pode ter impacto significativo para a classificação do risco, já que metade dos parâmetros de perigo analisados a partir do método M. Cidades/IPT são avaliados de forma subjetiva.

O método M. Cidades/IPT é o mais utilizado para o mapeamento de movimentos de massa desde 2007, com aplicação em municípios de todo território nacional. Por outro lado, o IG / Regea foi aplicado em apenas 38 municípios da região metropolitana de São Paulo, tendo aplicação restrita, por isso deve ser aplicado em outros municípios e regiões do país, para adequação e revisão por análises estatísticas dos intervalos de escores numéricos.

É importante ressaltar, que a partir da análise comparativa entre os dois métodos não é possível afirmar qual é melhor. Sendo assim, o que se pode concluir é que, ambas consideram em sua grande maioria os mesmos parâmetros, variando de forma significativa na abordagem e o tratamento das informações. Entretanto, a classificação de setores de risco pode apresentar resultados diferentes se aplicados à mesma área.

A sugestão para os próximos trabalhos é a verificação da aderência de eventos pretéritos e os resultados dos mapeamentos realizados a partir de ambos os métodos. A análise do histórico de eventos em áreas já mapeadas ao longo de um longo período de tempo, permite avaliar o nível de assertividade de cada método de forma estatística e pode indicar o método mais eficiente para as características de perigo e vulnerabilidade da região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, R., GUTJAHR, M.R., 2011, Desastres Naturais; São Paulo; IG/SMA, volume: 1; 100 p.
- AIVES, E.G.R., OLIVEIRA, D.R., 2017, Psicologia da gestão integral de riscos de desastres. Desastres: múltiplas abordagens e desafios – 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, pp. 17-32
- Augusto filho, O, 1992, Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada A Estabilização De Encostas: Uma Proposta Metodológica. In: conferência brasileira sobre estabilidade de encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE. p. 721-733.
- Bello, O.; Bustamante. A.; Pizarro, P., 2021, Planning for Disaster Risk Reduction within the Framework of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Project Documents (LC/TS.2020/108). Santiago: Economic Commission for Latin America and the Caribbean. repositorio. cepal.org/bitstream/handle/11362/46639/1/S2000452_en.pdf
- Brasil, 2007, (Municípios – Ministério das Cidades, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Carvalho, c.s.; Macedo, e.s; Ogura, a.t. (orgs.), Brasília.
- Barifouse, R., 2022, Tragédia em Petrópolis: chuvas de verão extremas são reflexo das mudanças climáticas? Daynews: <https://www.daynews.com.br/2022/02/17/tragedia-em-petropolis-chuvas-de-verao-extremas-sao-reflexo-das-mudancas-climaticas/> (Acesso Maio 2022).
- CACCIOTTI, R., KAISER, A., SARDELLA, A., NUNTIIS, P. DE., DRDACKY, M., HANUS, C., BONAZZA, A., 2021, Climate change-induced disasters and cultural heritage: Optimizing management strategies in Central Europe. Climate Risk Management. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100301>
- CNM, 2022, Confederação Nacional de Municípios. Danos e prejuízos causados por desastres no Brasil entre 2013 a 2022. Brasília-DF. https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/Danos%20e%20Preju%C3%ADzos%20causados%20por%20desastres_2013%20a%202022_atualizado%20em%20abril.pdf (Acesso novembro 2022)
- Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247: 36-75.
- CNM, 2022, Confederação Nacional de Municípios. Mais de 25% das mortes por chuvas no Brasil nos últimos 10 anos ocorreram em 2022. Brasília-DF <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/mais-de-25-das-mortes-por-chuvas-no-brasil-nos-ultimos-10-anos-ocorreram-em-2022> (Acesso novembro 2022).
- Corsi, A. C., Gramani, M. F., Ogura, A. T., 2015, Desenvolvimento de Método para Delimitação de Bacias de Drenagem Suscetíveis a Corrida de Massa e Enxurrada em regiões Serranas. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) - Volume 5, nº 1. 112p.
- Cobrade , 2022, Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. (COBRADE): <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf> (Acesso Maio 2022).
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996, Landslide Types and Processes, Special Report,
- CPRM, 2018, Serviço Geológico do Brasil, Guides – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Volume 1. 214p.
- Dias, M.C.A., Saito, S.M., Alvalá, R.C.S., Stenner, C., Pinho, G., Nobre, C.A., Fonseca, M.R.S., Santos, C., Amadeu, P., Silva, D., Lima, O.C., Ribeiro, J., Nascimento, F., Corrêa, C.O., 2018, Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. International Journal of Disaster Risk Reduction. 449–459: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.002> (Acesso Setembro 2022)
- Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter, 2008, The landslide handbook - A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- IG, 2020, Instituto Geológico, Mapeamento de Riscos de Movimentos de Massa e Inundações do Município de Santa Isabel (2020): Relatório Técnico. São Paulo.
- IG, 2015, Instituto Geológico Da Secretaria De Infraestrutura E Meio Ambiente Do Estado De São Paulo. Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações e corridas de massa - Município de Itaóca, SP. São Paulo: Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Relatório Técnico. 3 volumes. Boletim do Instituto

- Geológico nº 64. 314.p. ISSN 0100-431X: https://www.researchgate.net/profile/Claudio-Ferreira4/publication/281273903_Mapeamento_de_riscos_associados_a_escorregamentos_inundacoes_e_corridas_de_massa_Municipio_de_Itaoca_SP/links/5f0cce7ca6fdcca32ae975bb/Mapeamento-de-riscos-associados-a-escorregamentos-inundacoes-e-corridas-de-massa-Municipio-de-Itaoca-SP.pdf (Acesso Maio 2022).
- IPT, CPRM, 2014, Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. – (Publicação IPT; 3016)
- Macedo, E. S., Silva, F. C., 2007, Percepção Ambiental e Riscos Naturais Com Enfoque em Deslizamentos, II Simpósio Brasileiro De Desastres Naturais E Tecnológicos-Sibraden. Santos - Sp, Anais.
- MIN., 2013, Ministério da Integração Nacional. Anuário brasileiro de desastres naturais: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. – Brasília: CENAD, 2014: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Anuario-Brasileiro-de-Desastres-Naturais-2013.pdf> (Acesso Maio 2022)
- Montandon, L. F., 2017. Avaliação da influência da escala do mapa litológico nos modelos de suscetibilidade a escorregamentos, no município de Caeté (MG), utilizando métodos estatísticos. 146p. Dissertação de (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.
- MARTINS, V.T.S., BOGGIANI, P.C., BACCI, D.L.C., 2017, Percepção de riscos como metodologia de prevenção, ensino e pesquisa: a experiência do grupo “armando o Barranco”. Desastres: múltiplas abordagens e desafios – 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, pp. 243-257
- Nogueira, F. R. 2002, Gerenciamento de Riscos Ambientais Associados a Escorregamentos: Contribuição às Políticas Públicas Municipais Para Áreas de Ocupação Subnormal. Rio Claro. 269p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Pisani, M. A. J., Zmitrowicz, W., 1998, Áreas de Risco (Associado a Escorregamento) para Ocupação Urbana: Detecção e Monitoramento com o auxílio de dados de Sensoriamento Remoto, São Paulo: EPUSP. 19.p., ISSN 0103-9830, BT/PCC/202: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00202.pdf (Acesso Maio 2022).
- REUTERS, 2022, Mudslides and floods kill at least 117 in Brazil's Petropolis. <https://www.reuters.com/business/environment/death-toll-brazils-petropolis-rises-104-after-heavy-rains-2022-02-17/> (Acesso novembro 2022)
- REUTERS, 2022, Death toll in Brazilian floods rises to 57, thousands displaced. <https://www.reuters.com/world/americas/death-toll-brazilian-floods-rises-57-thousands-displaced-2022-05-29/> (Acesso novembro 2022)
- Silva, H. P., 2022, A tragédia de Petrópolis e os problemas ambientais iminentes. Ecodebate, ISSN 2446-9394: <https://www.ecodebate.com.br/2022/02/21/a-tragedia-de-petropolis-e-os-problemas-ambientais-inentes/> (Acesso Maio 2022).
- TERZAGUI, K., 1936, Critical Height and Factor of Safety of Slopes against Sliding. Paper G-6, Vol. I, International Conference Soil Mechanics.
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.), 2009, Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico. http://www.sidec.sp.gov.br/defesacivil/media/OSDownloads/1438375861_DesastresNaturais.pdf (Acesso outubro 2022)
- Varnes, D. J., 1978, “Slope Movement Types and Process”, Special Report 176, Transportation Research Board, Washington, USA, p. 11-33.
- UFSC, 2013, Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. Volume Amazonas – Florianópolis. 104 p.
- UNICAMP, 2022, Petrópolis: não foi um desastre natural. Jornal da Unicamp. <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/02/22/petropolis-nao-foi-um-desastre-natural> (Acesso novembro 2022)

- UNDRR, 2022, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Understanding risk. <https://www.undrr.org/building-risk-knowledge/understanding-risk> (Acesso setembro 2022).
- UNDRR, 2022, United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future. Geneva. 256p. <https://www.undrr.org/gar2022-our-world-risk> (Acesso Novembro 2022)
- USGS, 2022, United States Geological Survey. Landslides Types and process <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf> (Acesso outubro 2022)

ANEXO 1 - MAPA DE INVENTÁRIO DE SANTA ISABEL-SP

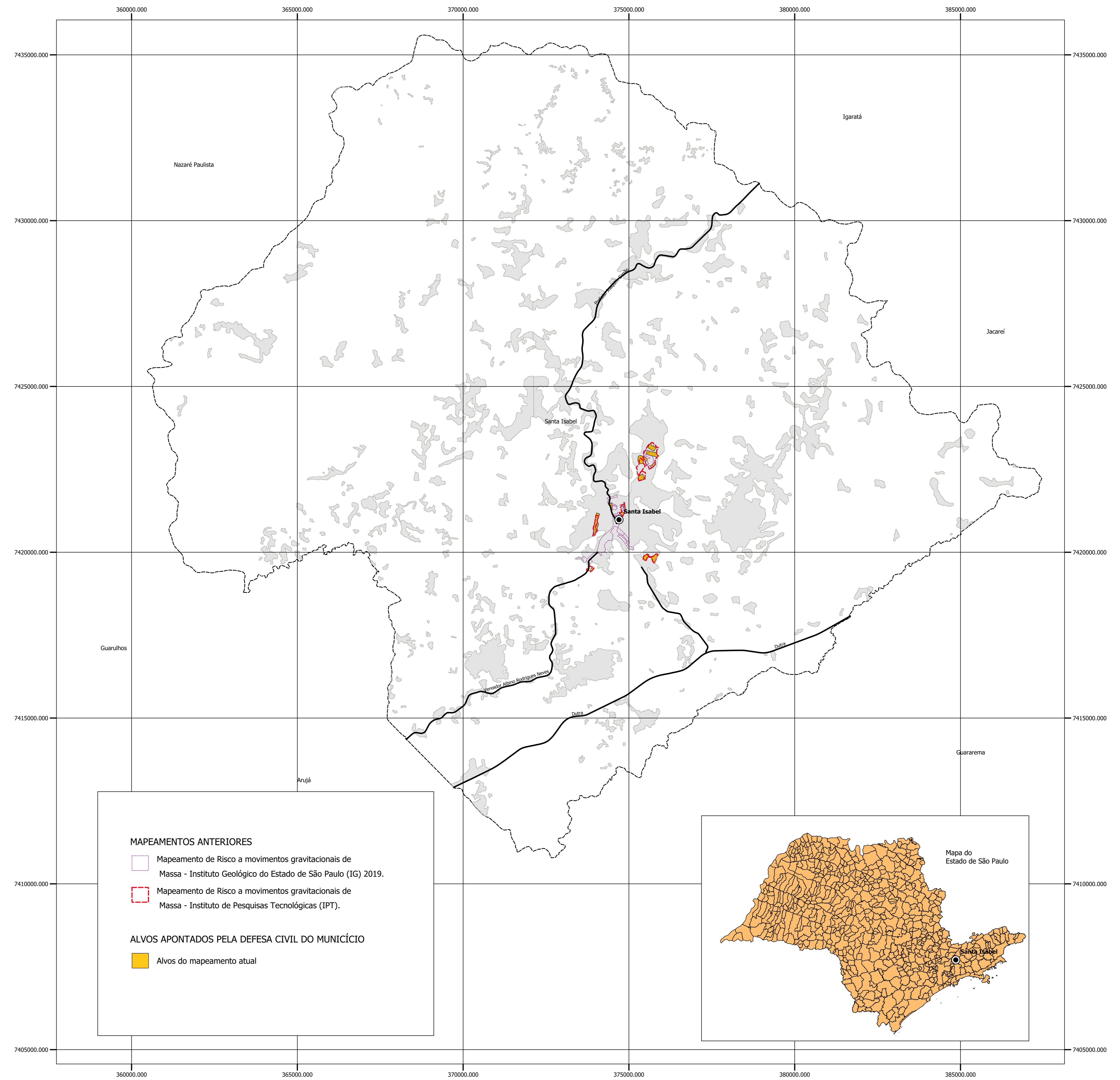
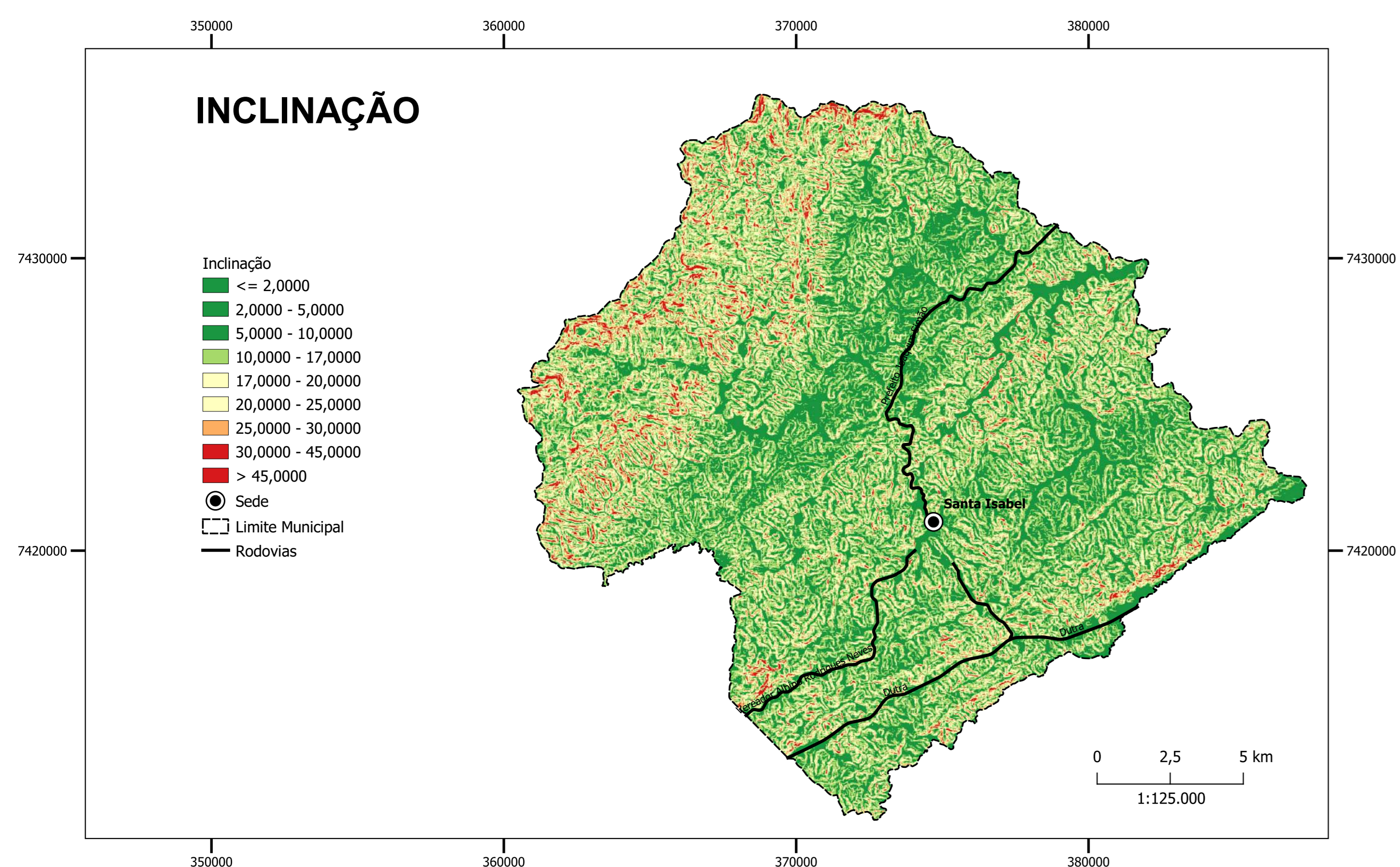
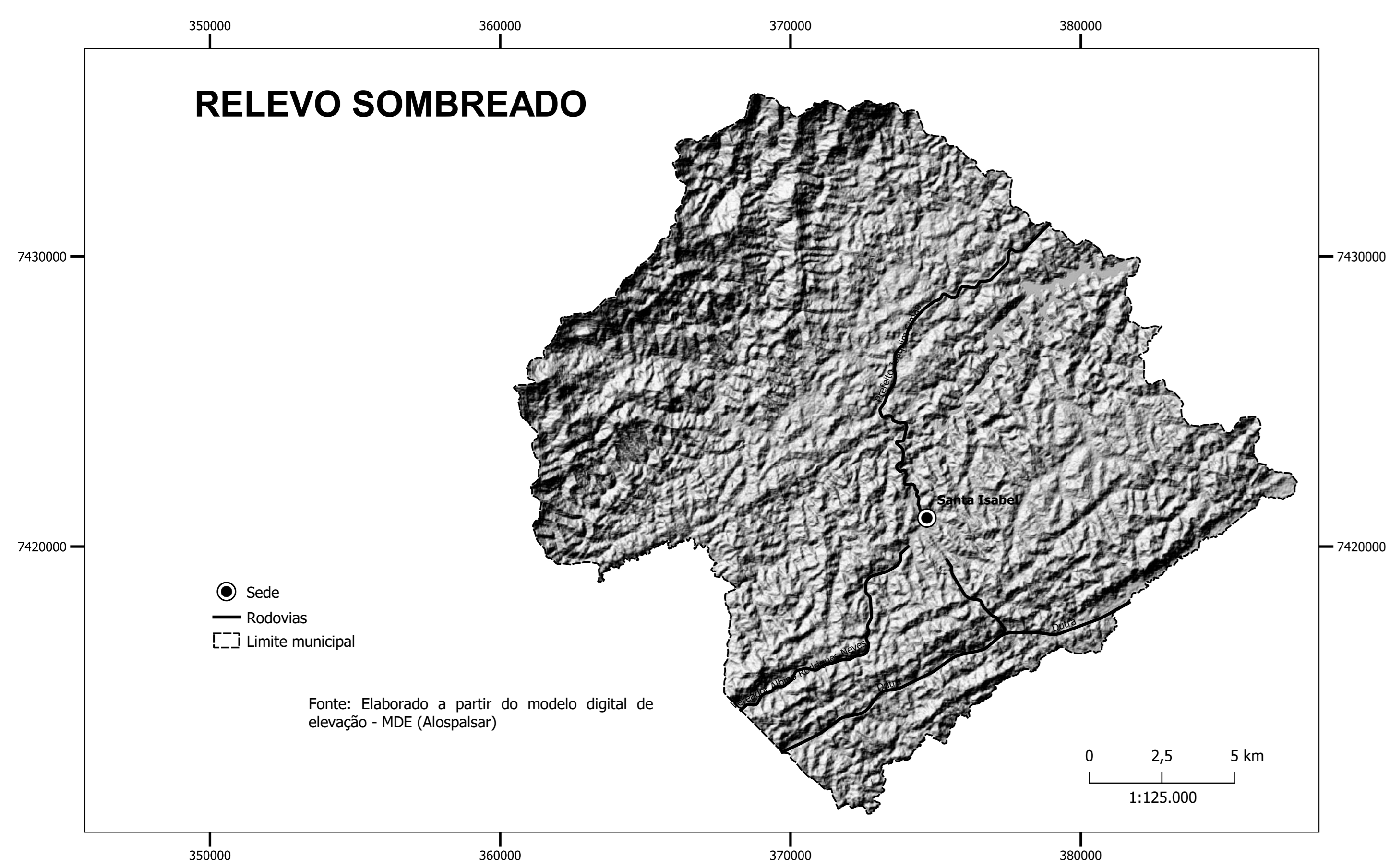
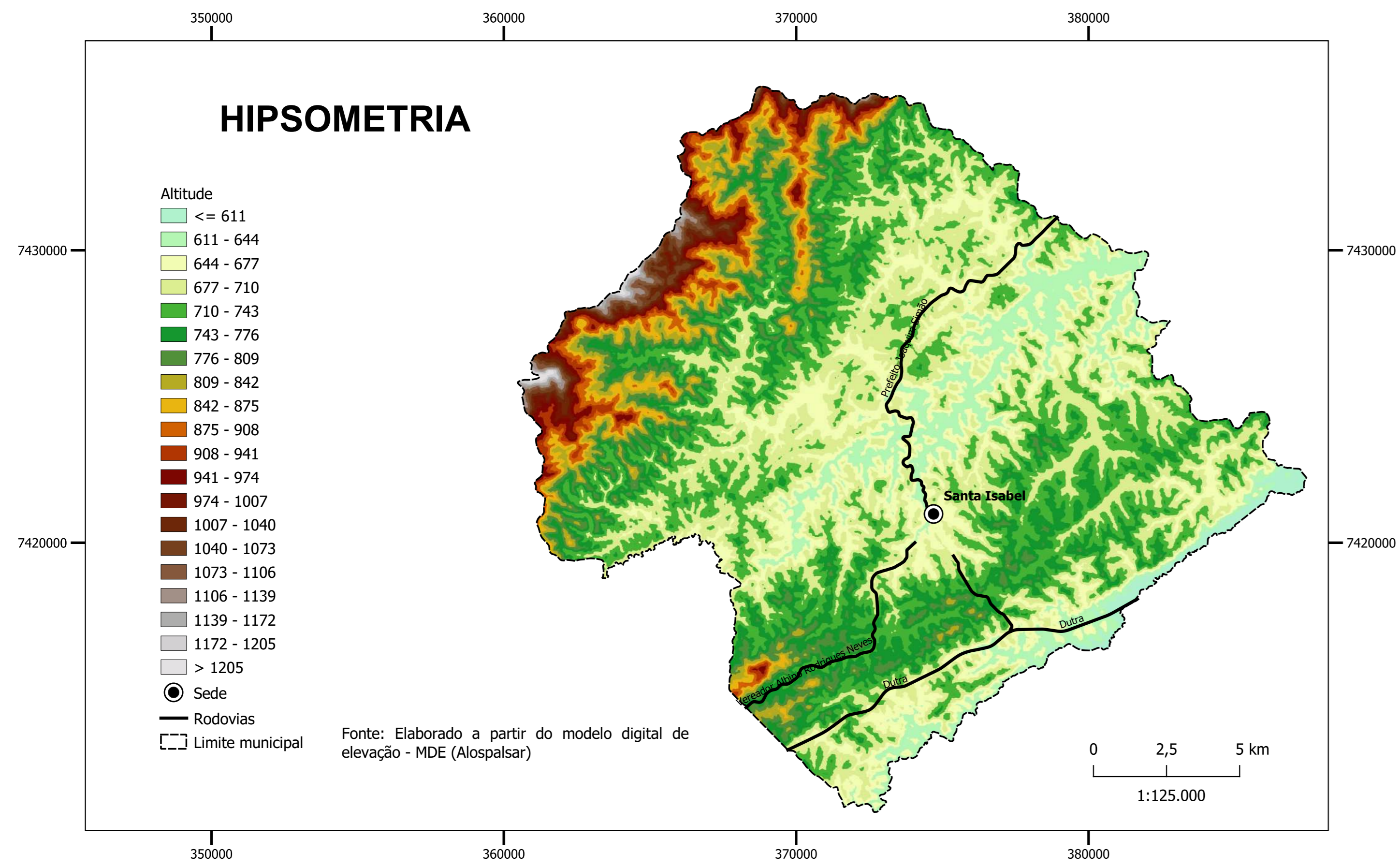
ANEXO 2 - MAPA DE INVENTÁRIO DE GUARAREMA-SP

ANEXO 3 - MAPA DE SETOR DE RISCO A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA, MÉTODO DO M. CIDADES/IPT, SANTA ISABEL-SP

ANEXO 4 - MAPA DE SETOR DE RISCO A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA, MÉTODO DO IG / REGEA SANTA ISABEL-SP

ANEXO 5 - MAPA DE SETOR DE RISCO A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA, MÉTODO DO M. CIDADES/IPT GUARAREMA-SP

ANEXO 6 - MAPA DE SETOR DE RISCO A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA, MÉTODO DO IG / REGEA, GUARAREMA-SP



CARTA DE INVENTÁRIO DE PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAS DE MASSA

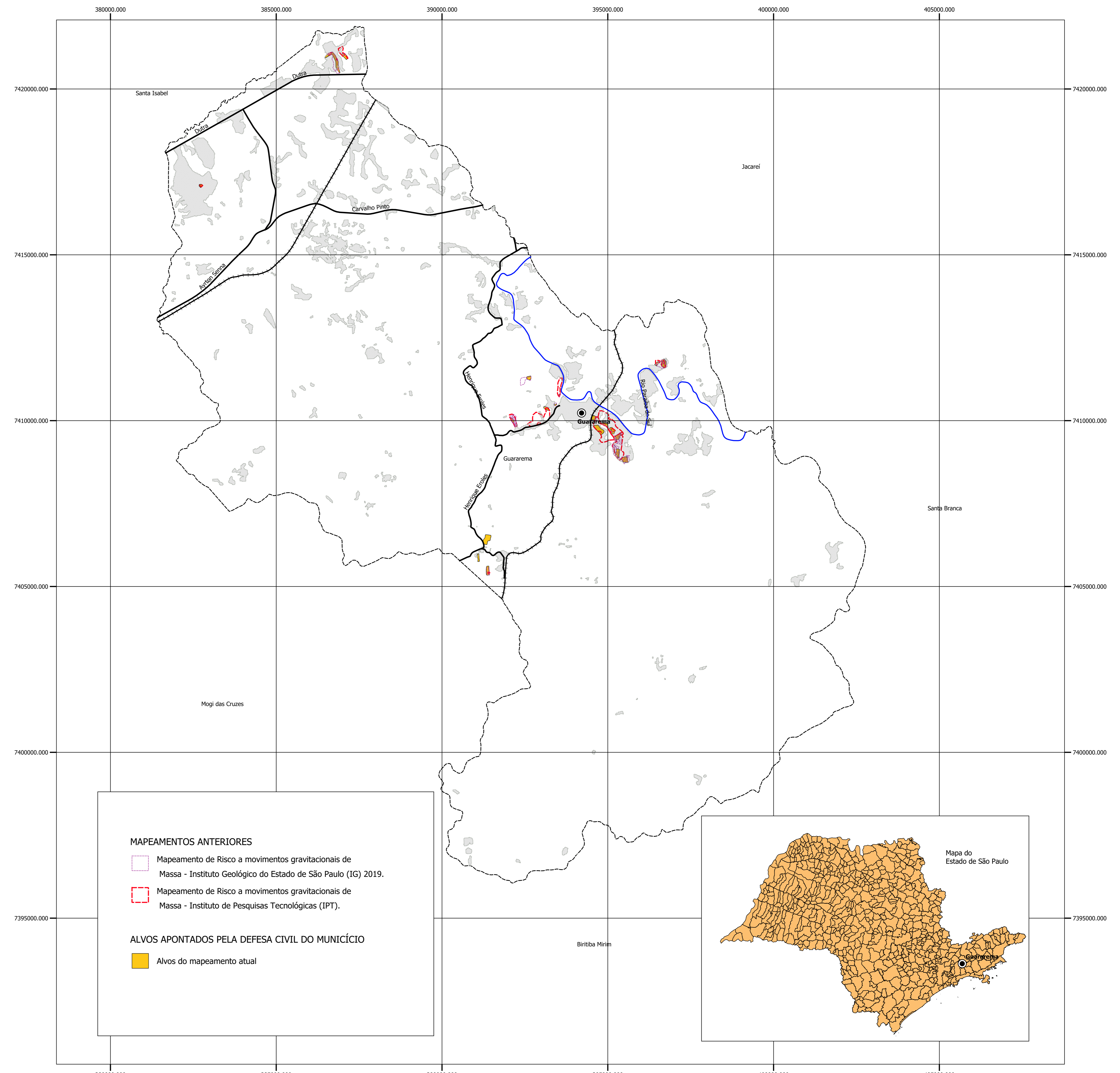
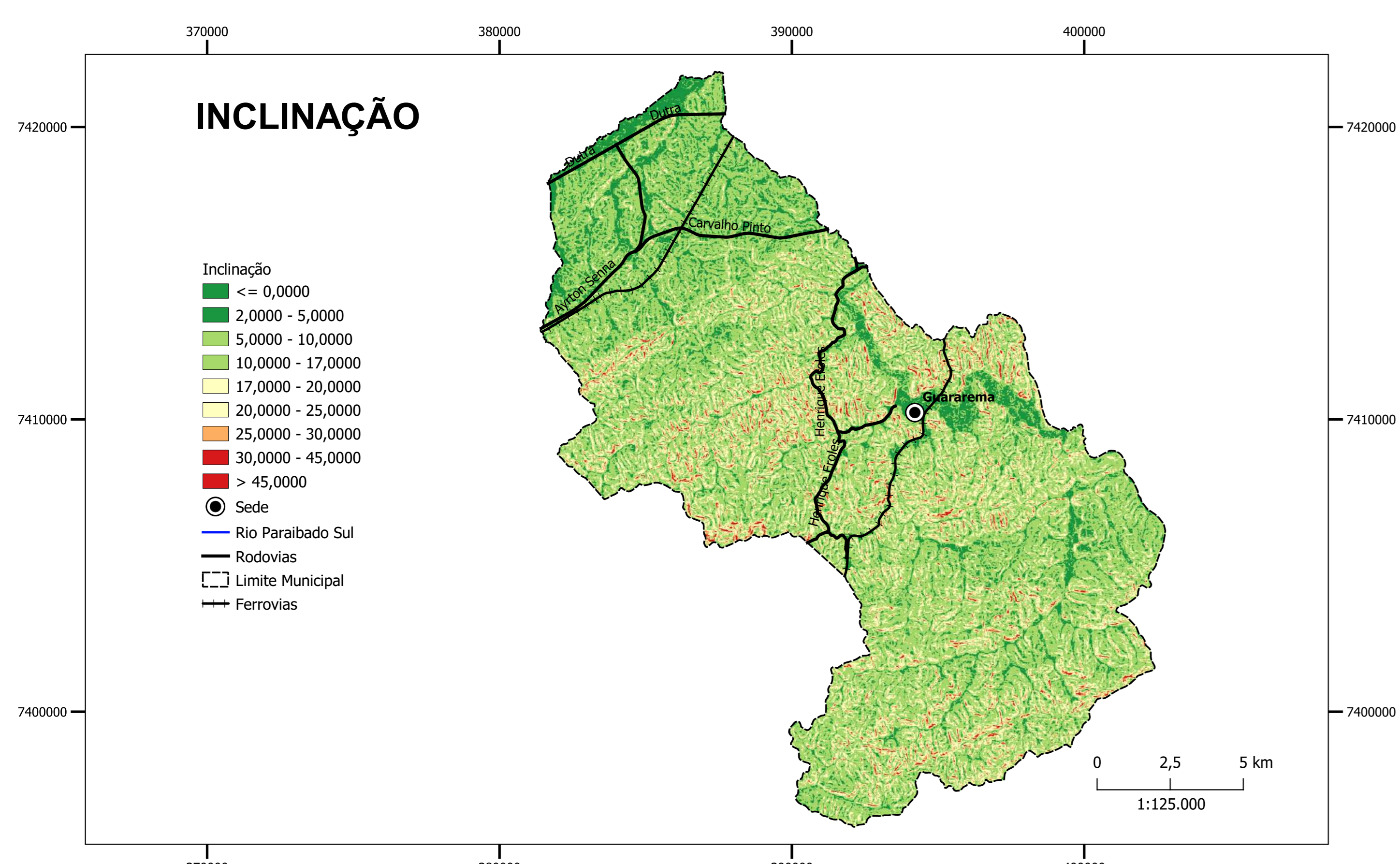
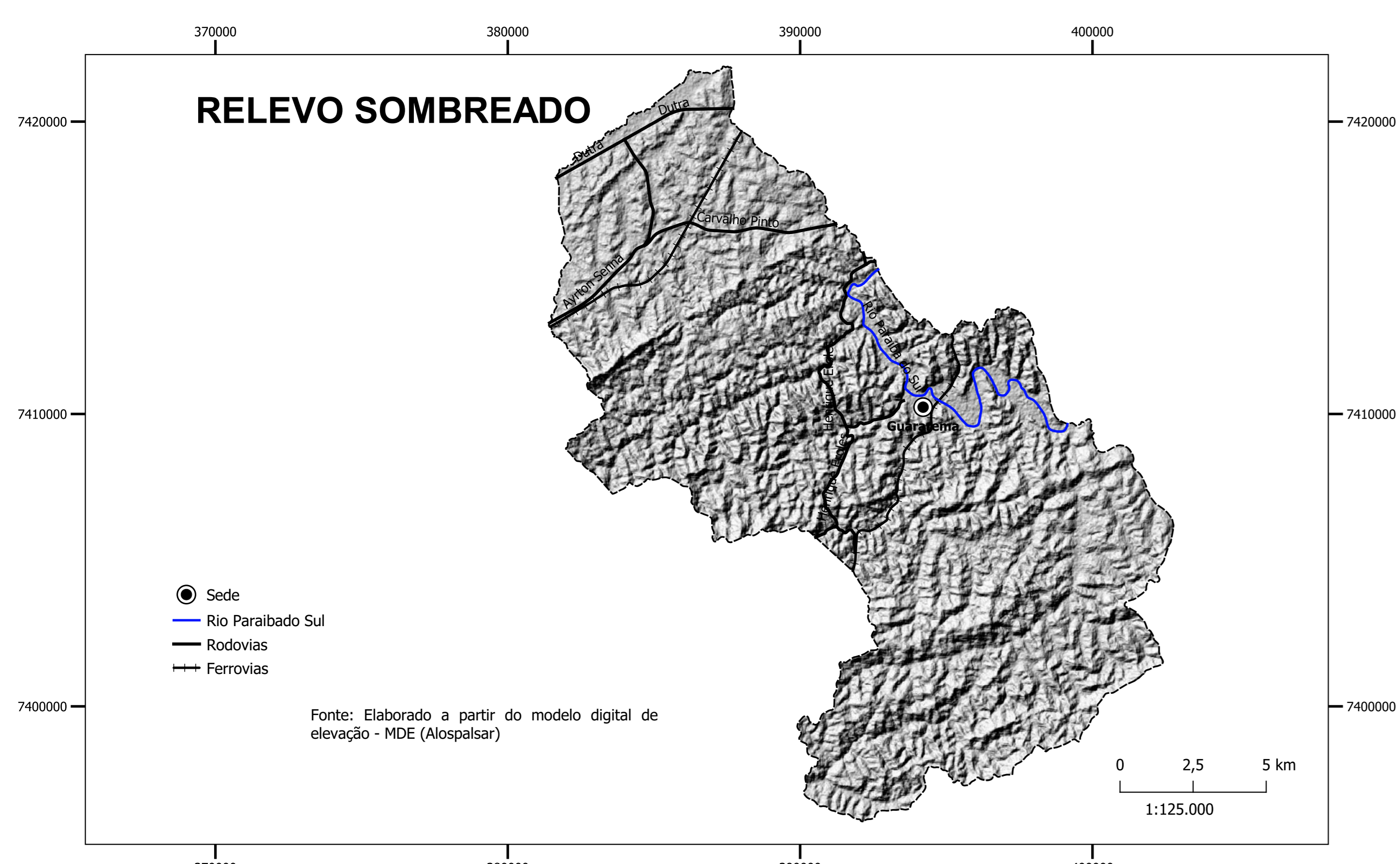
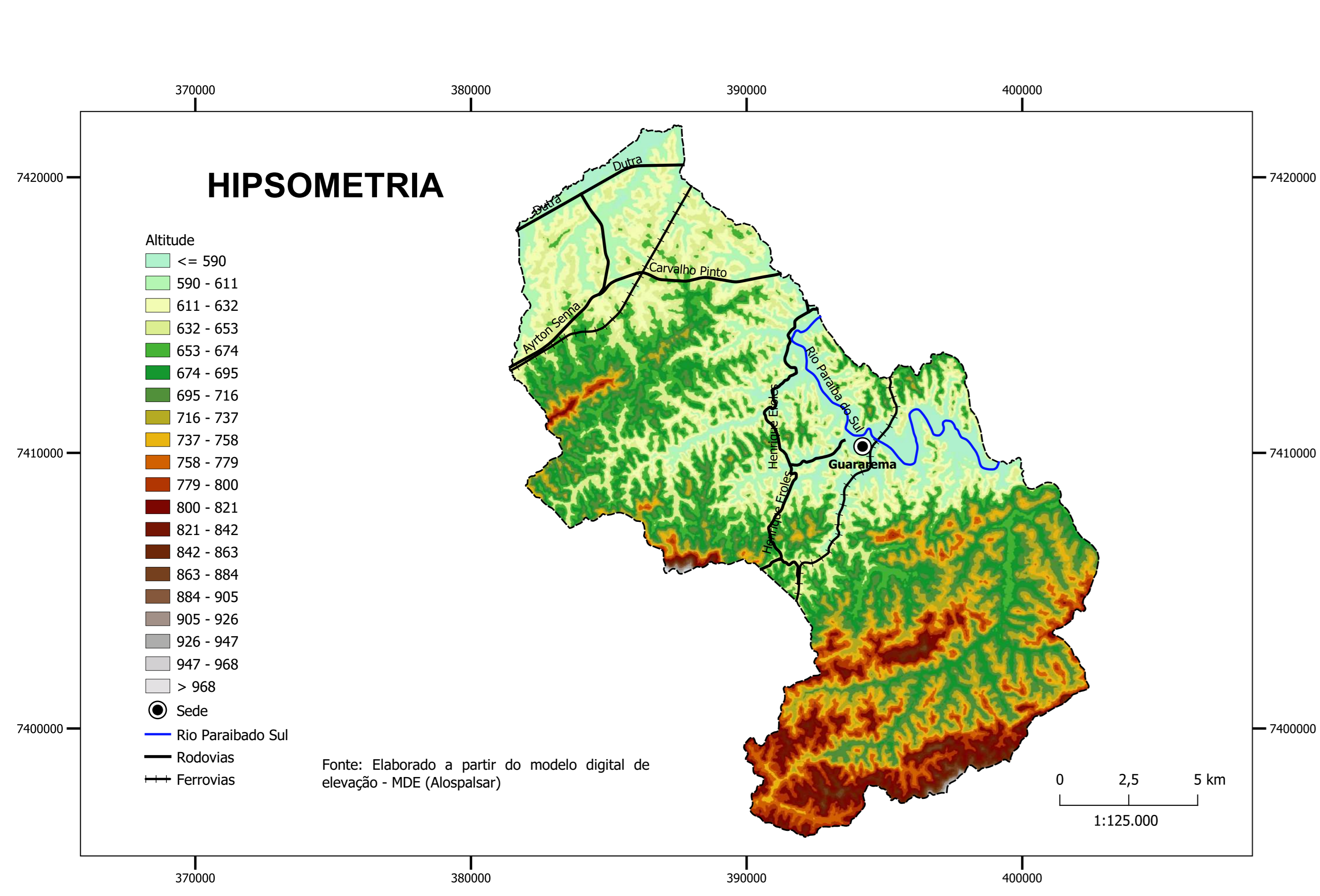
SANTA ISABEL -SP

1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S

ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA





Convenções Cartográficas

- Sede
- Curso d'água
- Rodovias
- Ferrovias
- Limite Municipal
- Área Urbanizada

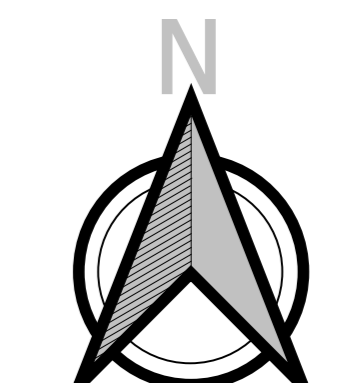
CARTA DE INVENTÁRIO DE PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAS DE MASSA

GUARAREMA -SP

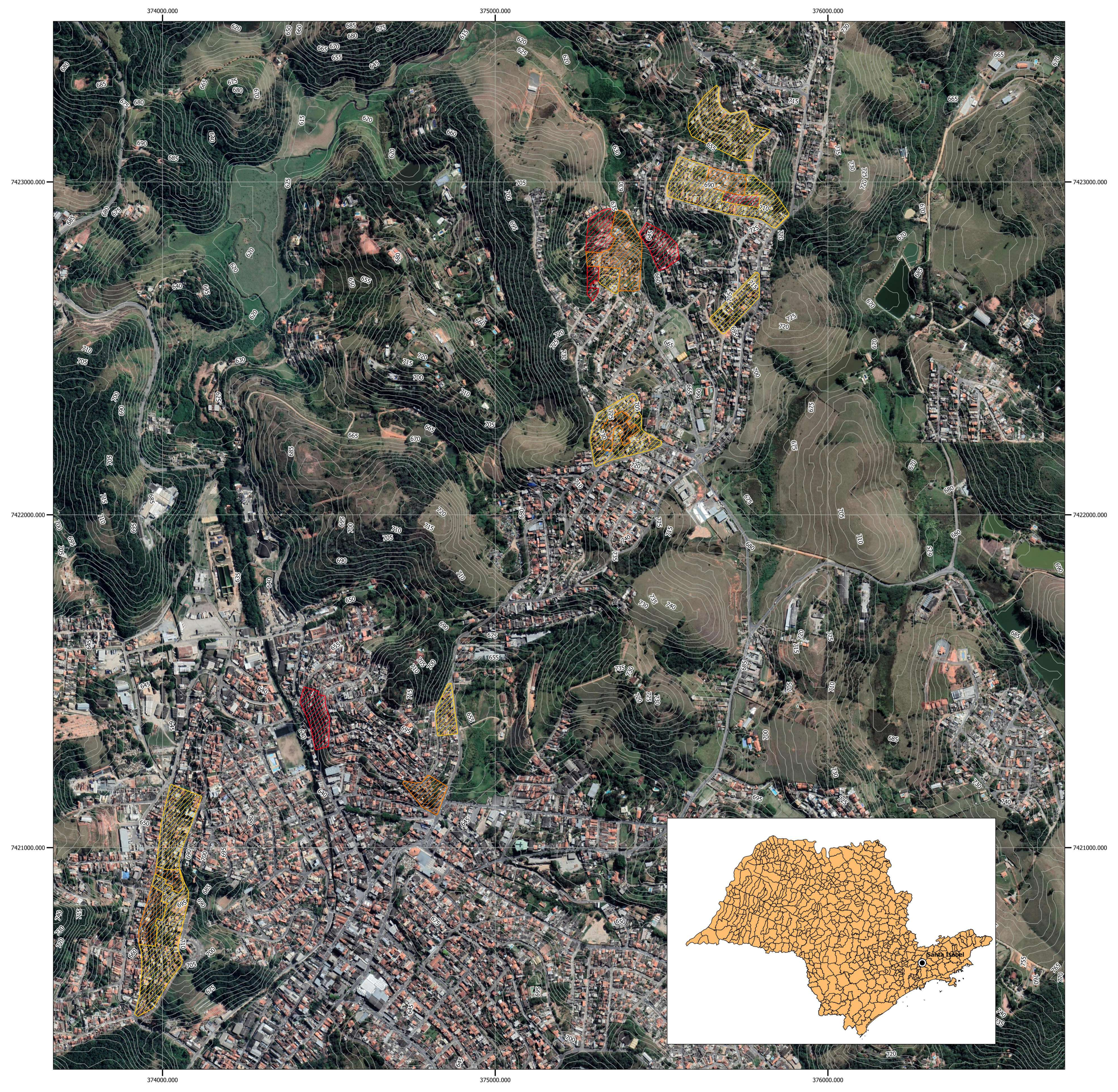
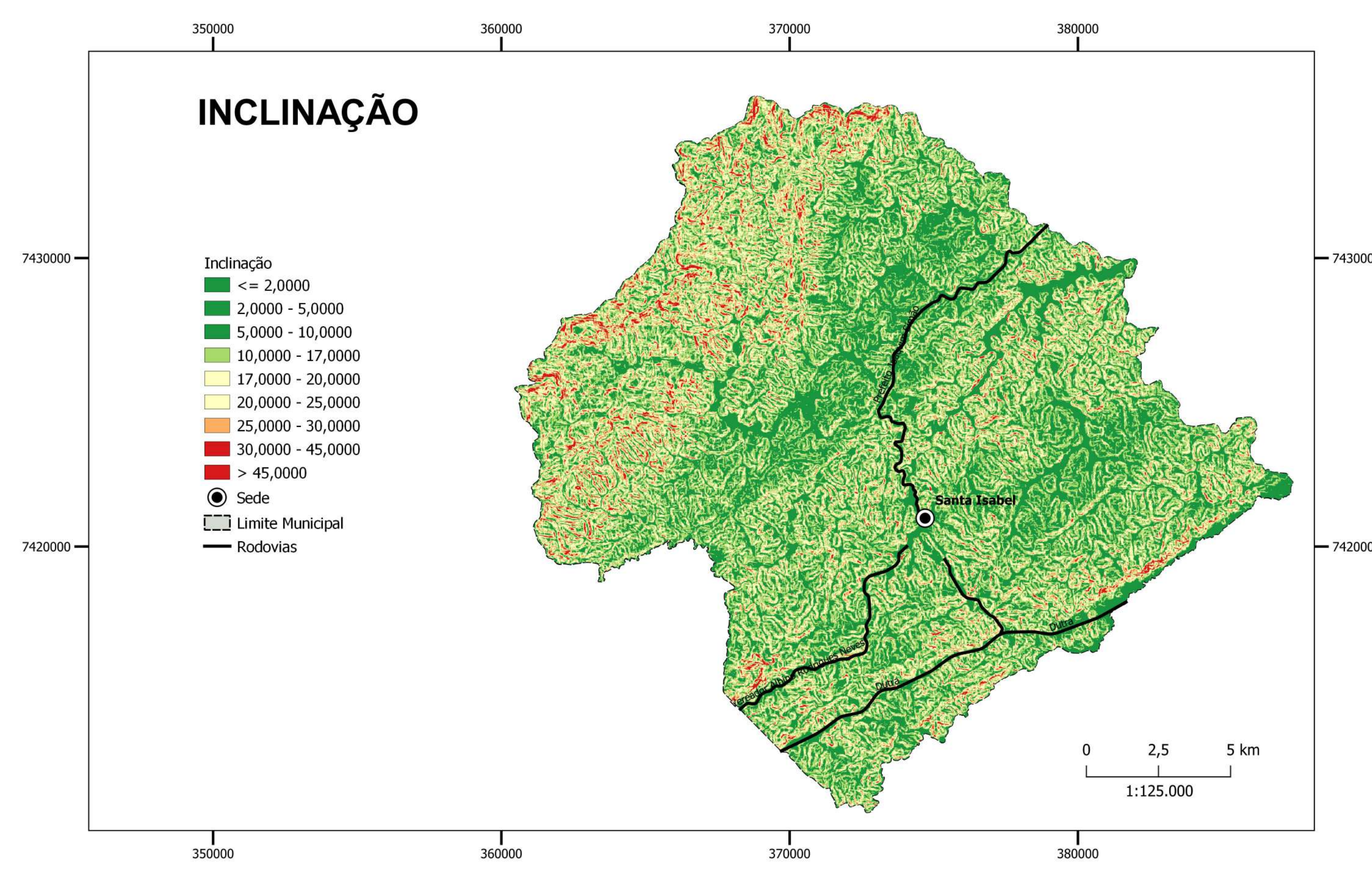
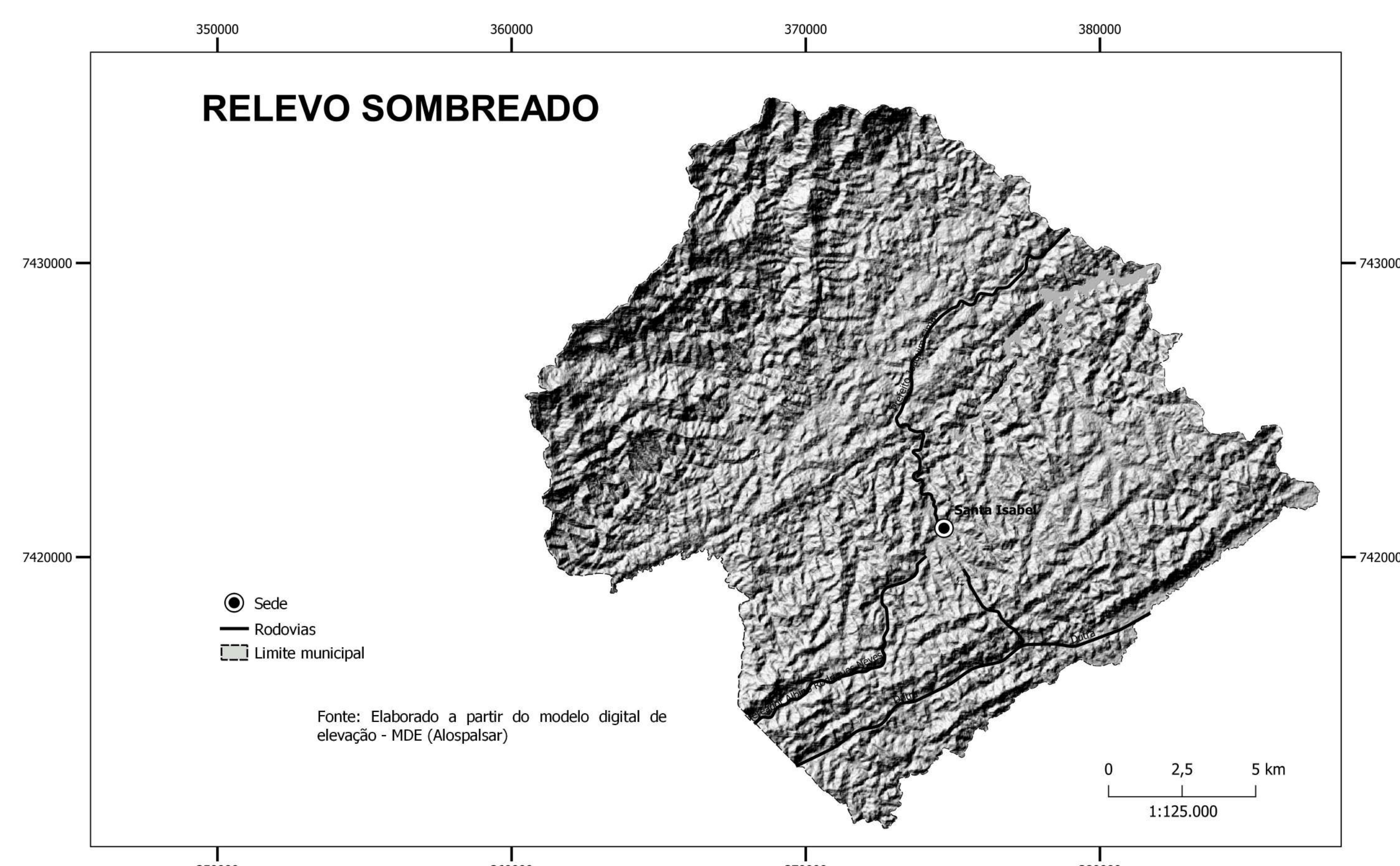
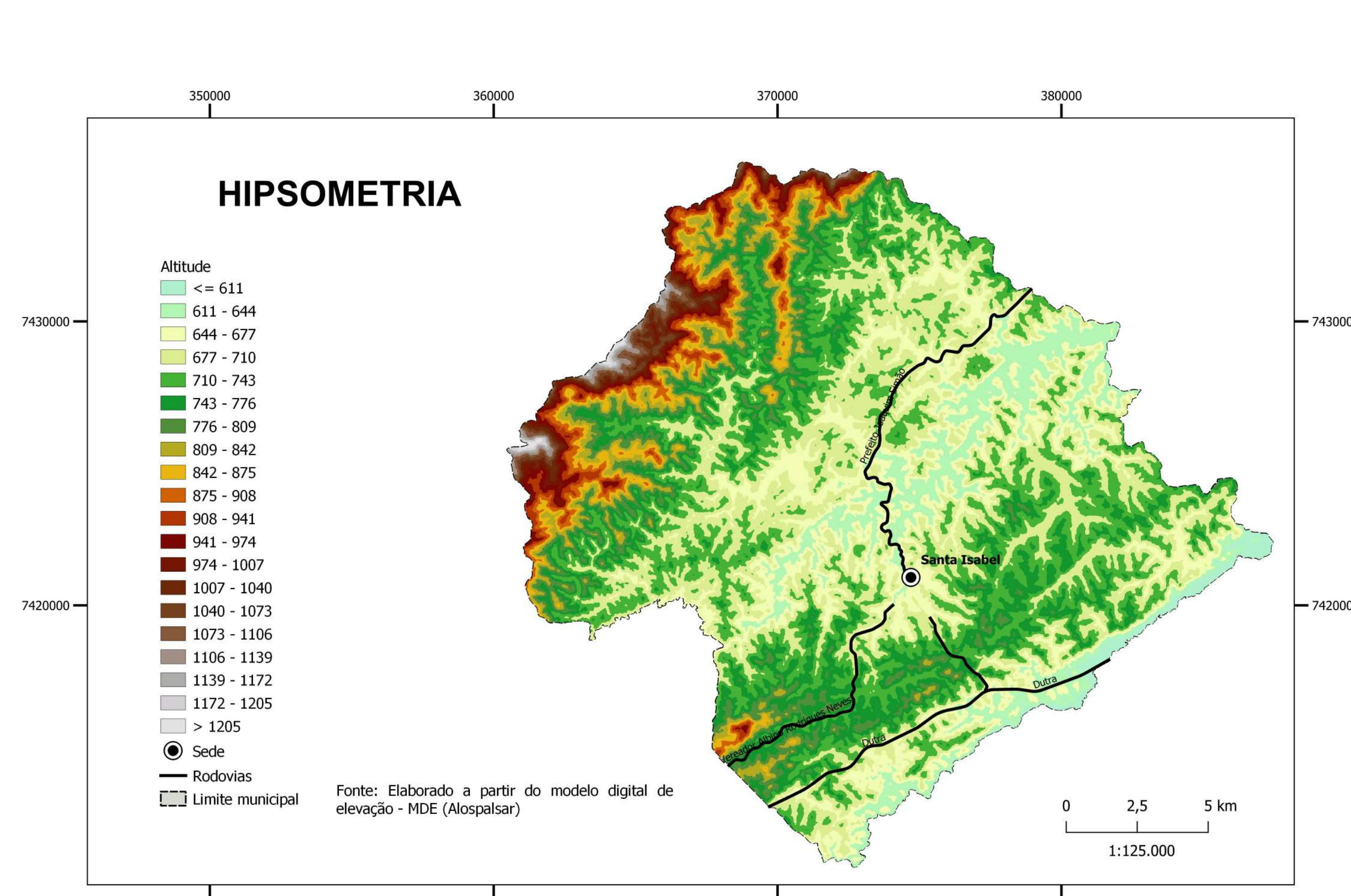
1:50.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S



ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA



Convenções Cartográficas

- Sede
- Curso d'água
- Rodovias
- Ferrovias
- ▭ Limite Municipal
- ▭ Área Urbanizada

SETORIZAÇÃO DE RISCO - MÉTODO MINISTÉRIO DAS CIDADES

- R2 - Médio
- R3 - Alto
- R4 - Muito Alto

SETORES DE RISCO PARA PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAS DE MASSA

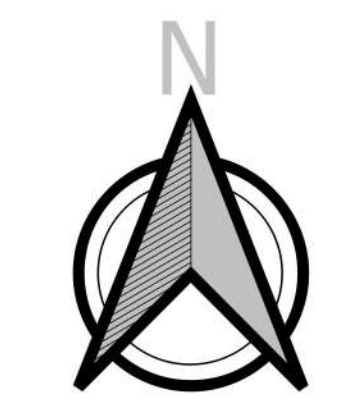
SANTA ISABEL -SP

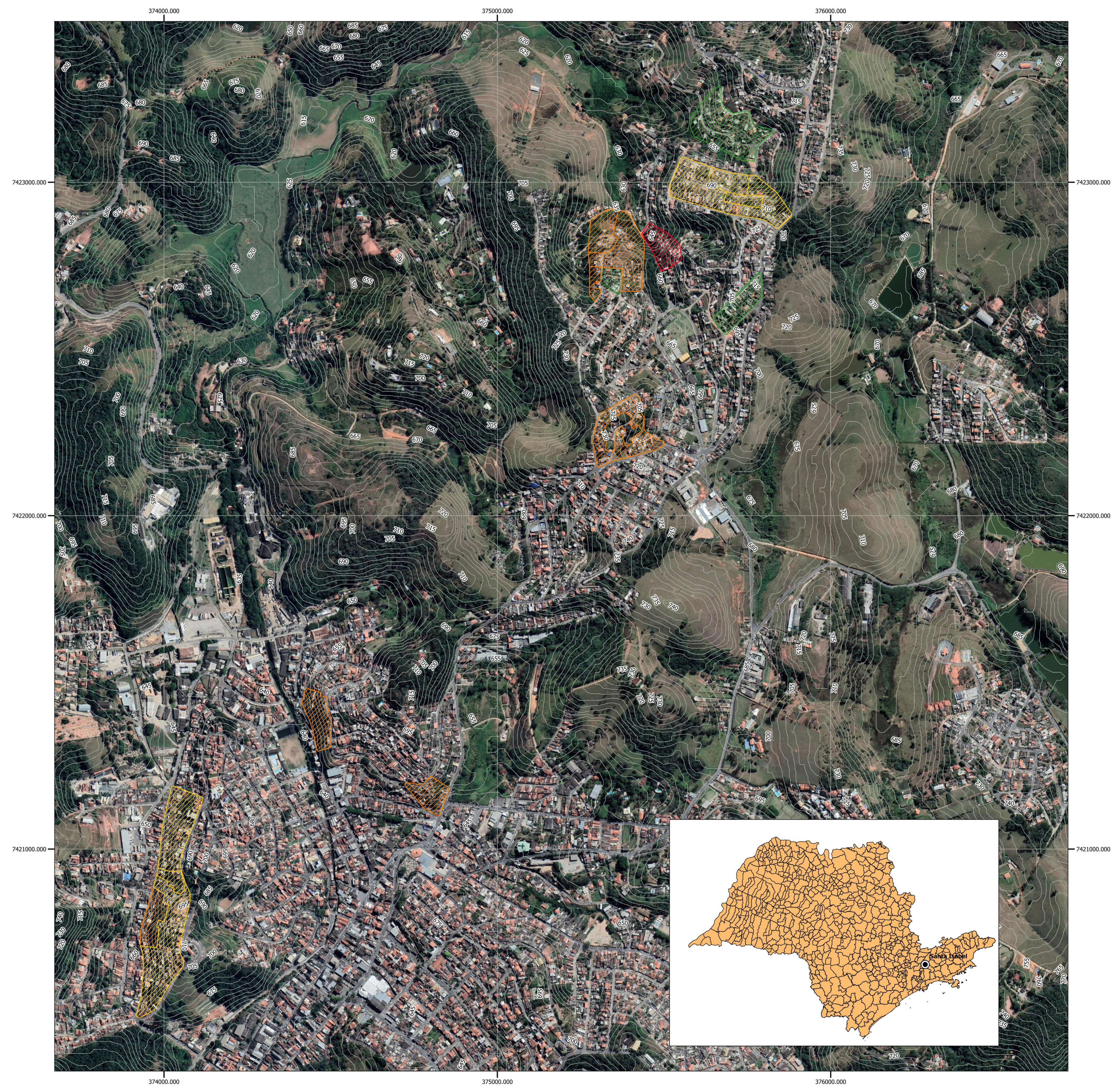
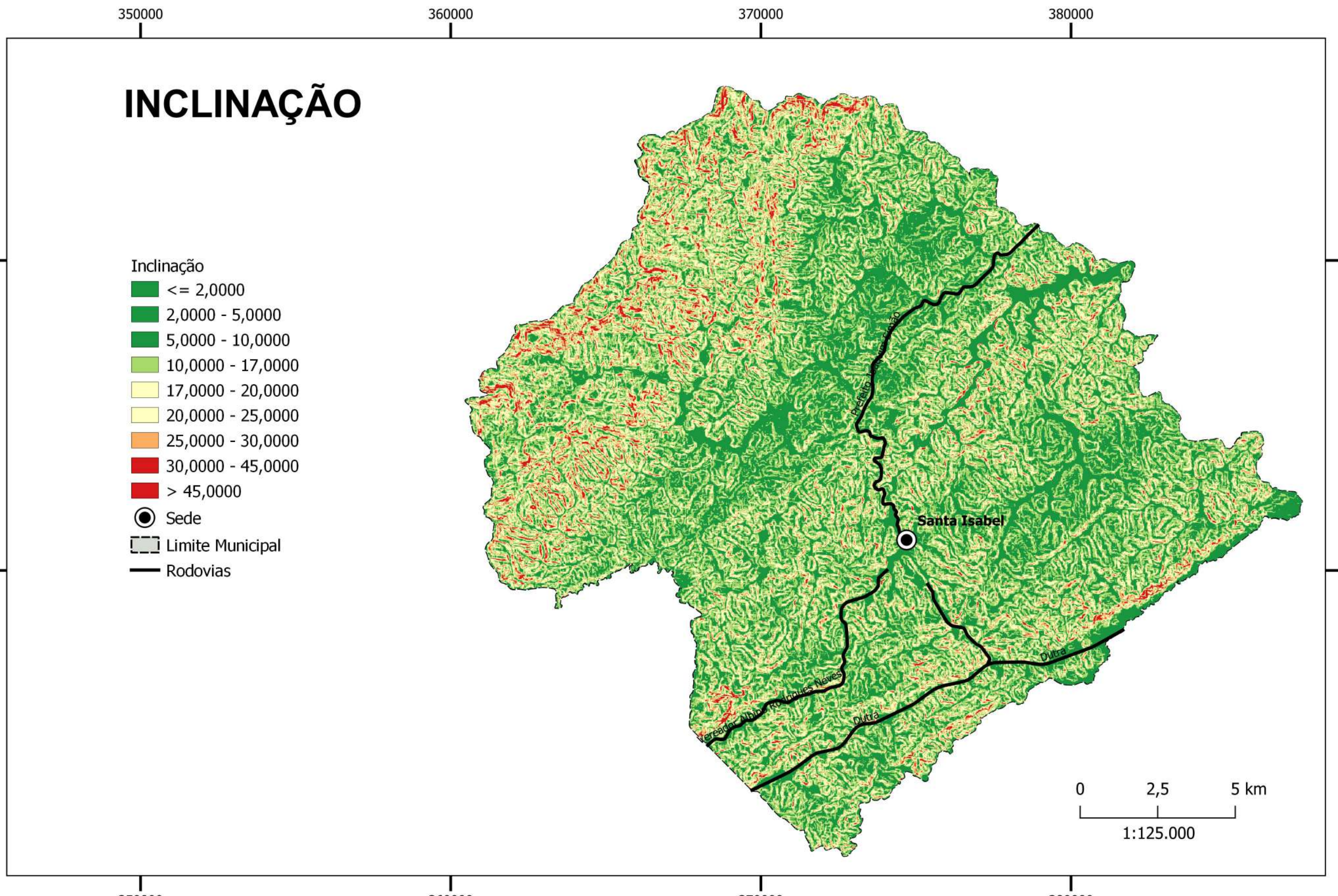
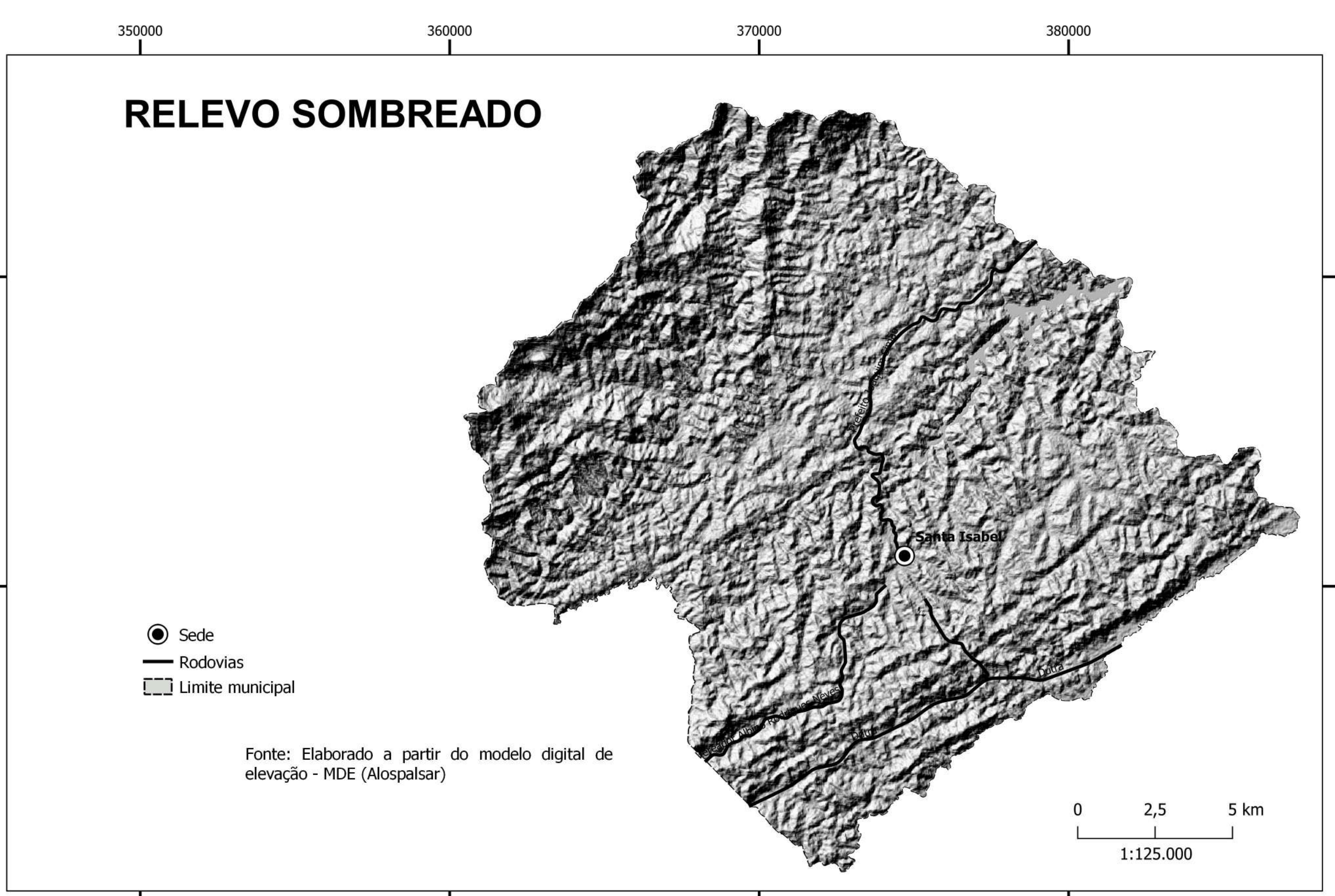
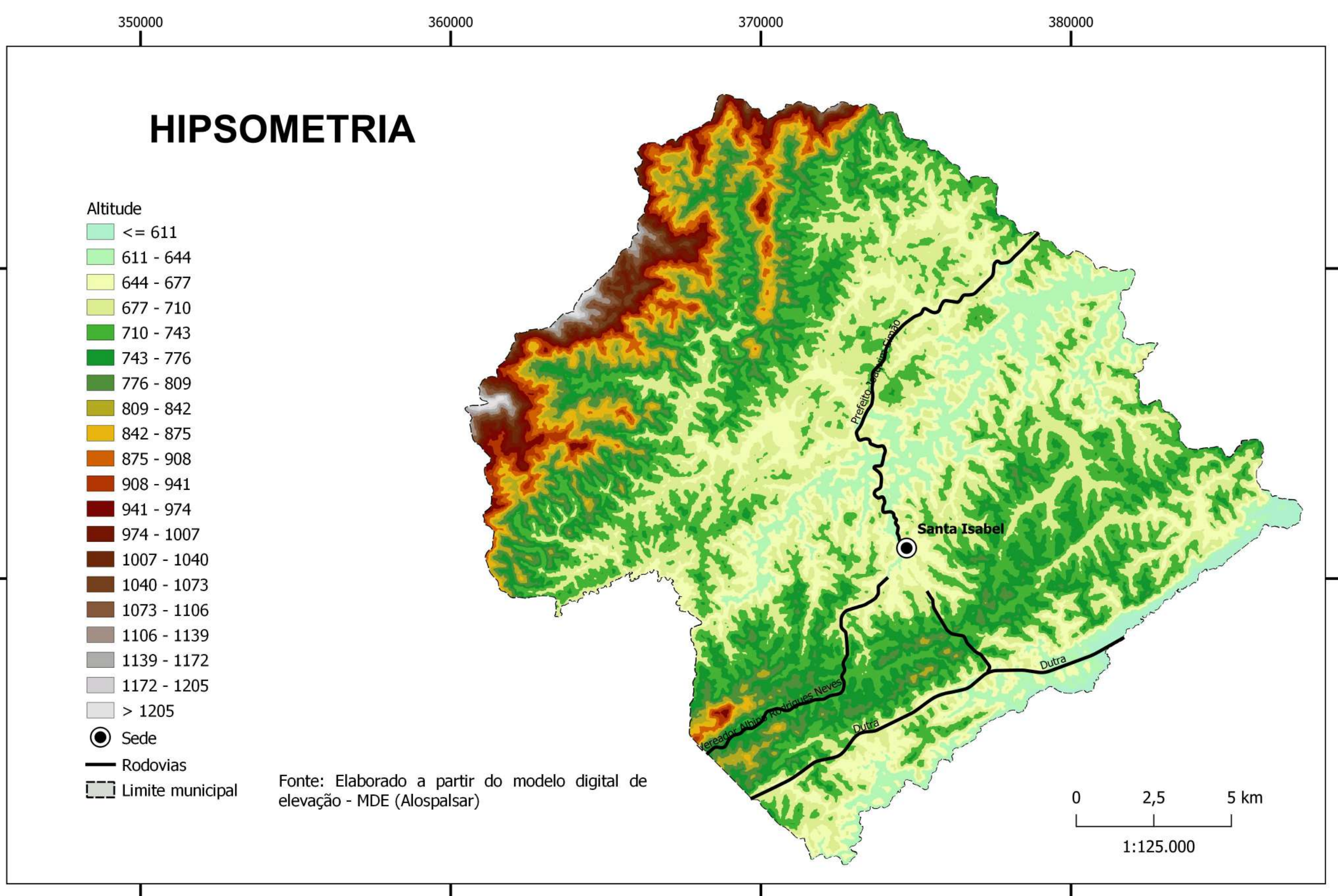
1:125.000

0 250 500 m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S

ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA





Convenções Cartográficas

- Sede
- Curso d'água
- Rodovias
- Ferrovias
- ▭ Limite Municipal
- ▭ Área Urbanizada

SETORIZAÇÃO DE RISCO - MÉTODO IG / IPA

- R1 - Baixo
- R2 - Médio
- R3 - Alto
- R4 - Muito Alto
- R0 - Nulo

SETORES DE RISCO PARA PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAS DE MASSA

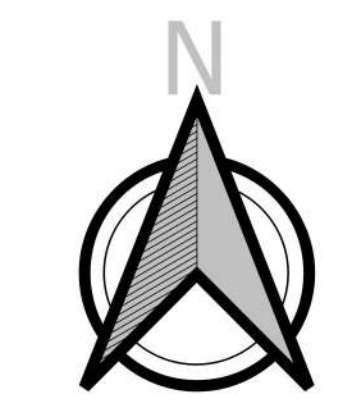
SANTA ISABEL -SP

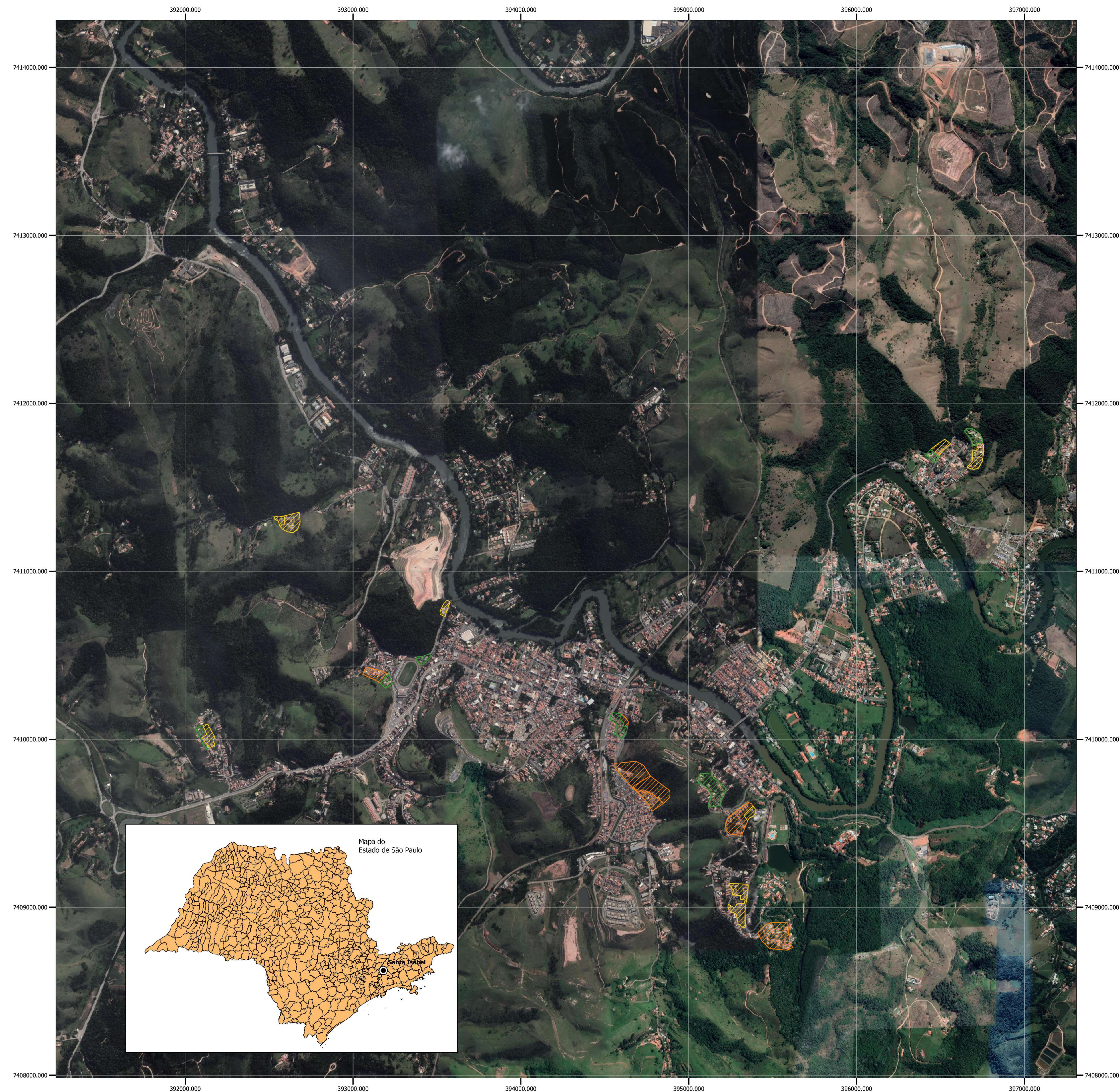
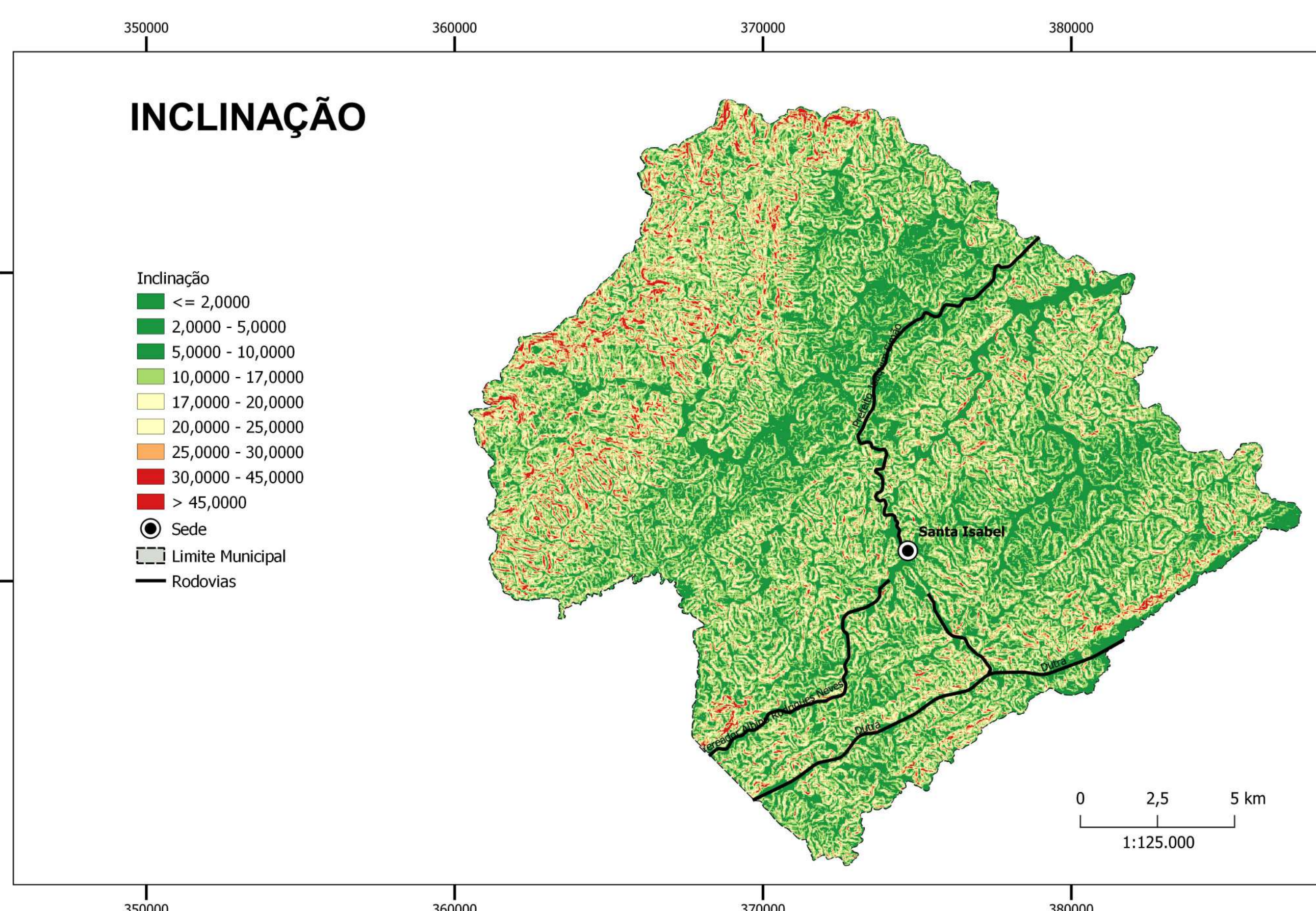
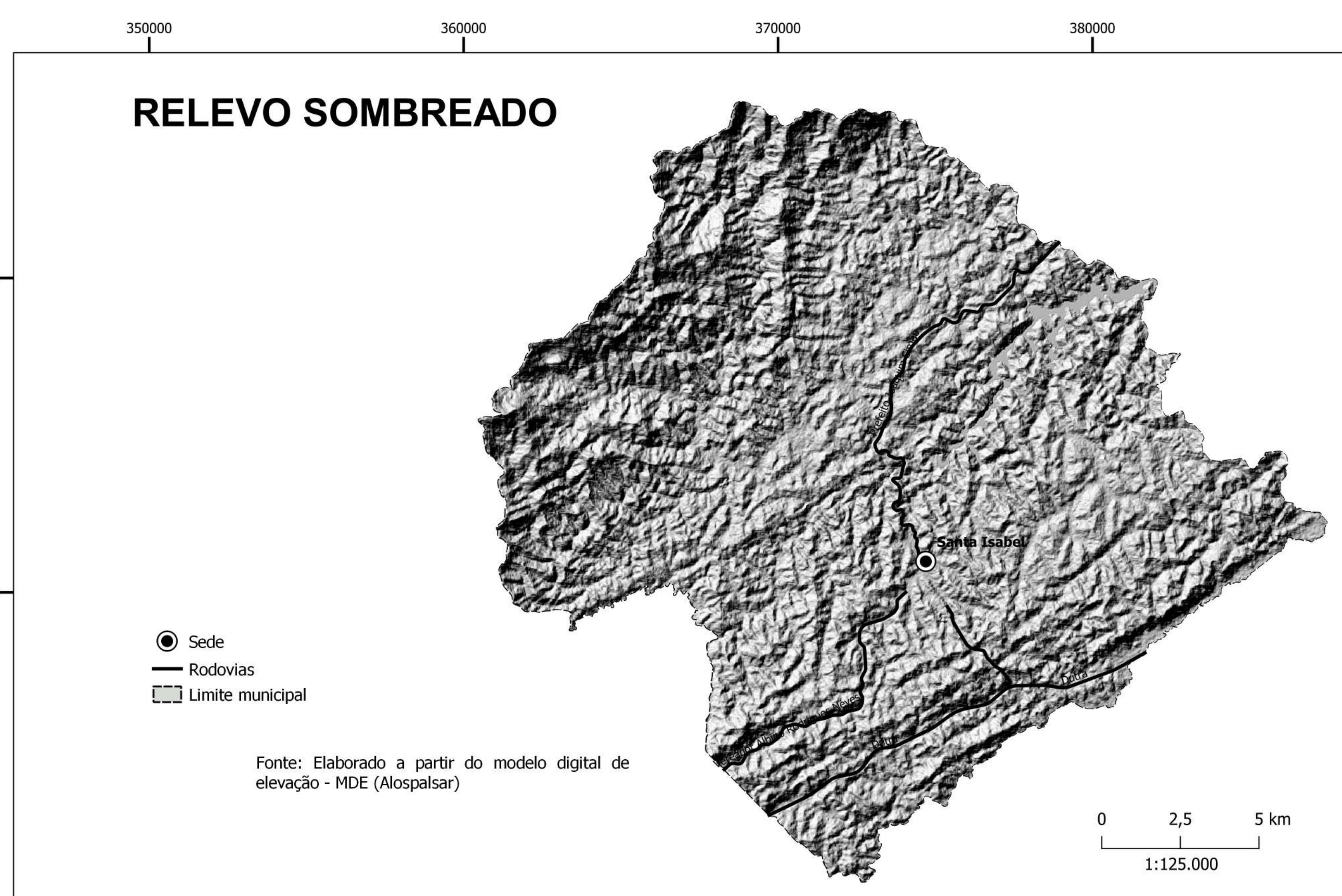
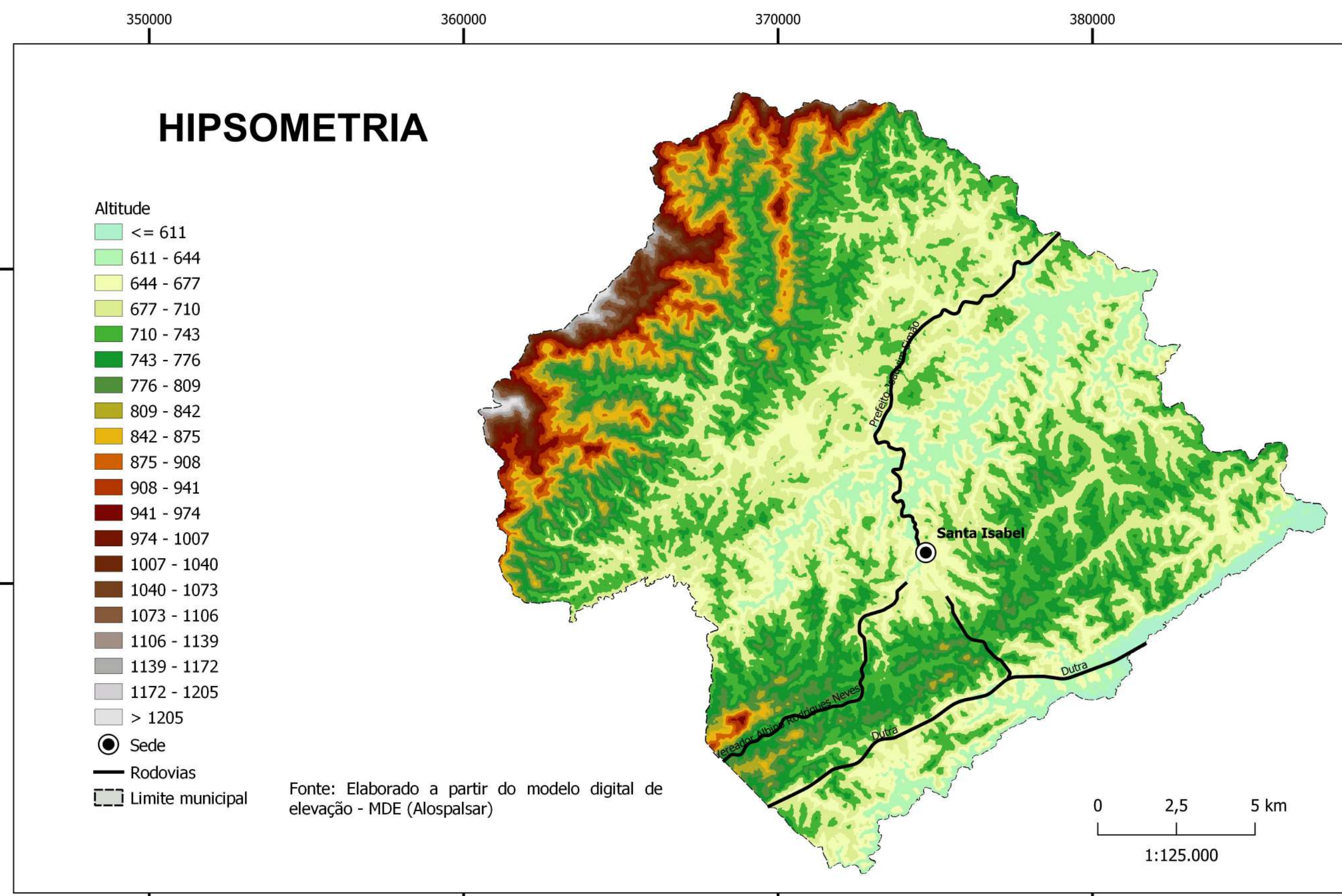
1:125.000

0 250 500 m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S

ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA





Convenções Cartográficas

- Sede
- Curso d'água
- Rodovias
- Ferrovias
- ▭ Limite Municipal
- ▭ Área Urbanizada

SETORIZAÇÃO DE RISCO - MÉTODO MINISTÉRIO DAS CIDADES / IPT

- R1 - Baixo
- R2 - Médio
- R3 - Alto
- R4 - Muito Alto

SETORES DE RISCO PARA PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAS DE MASSA

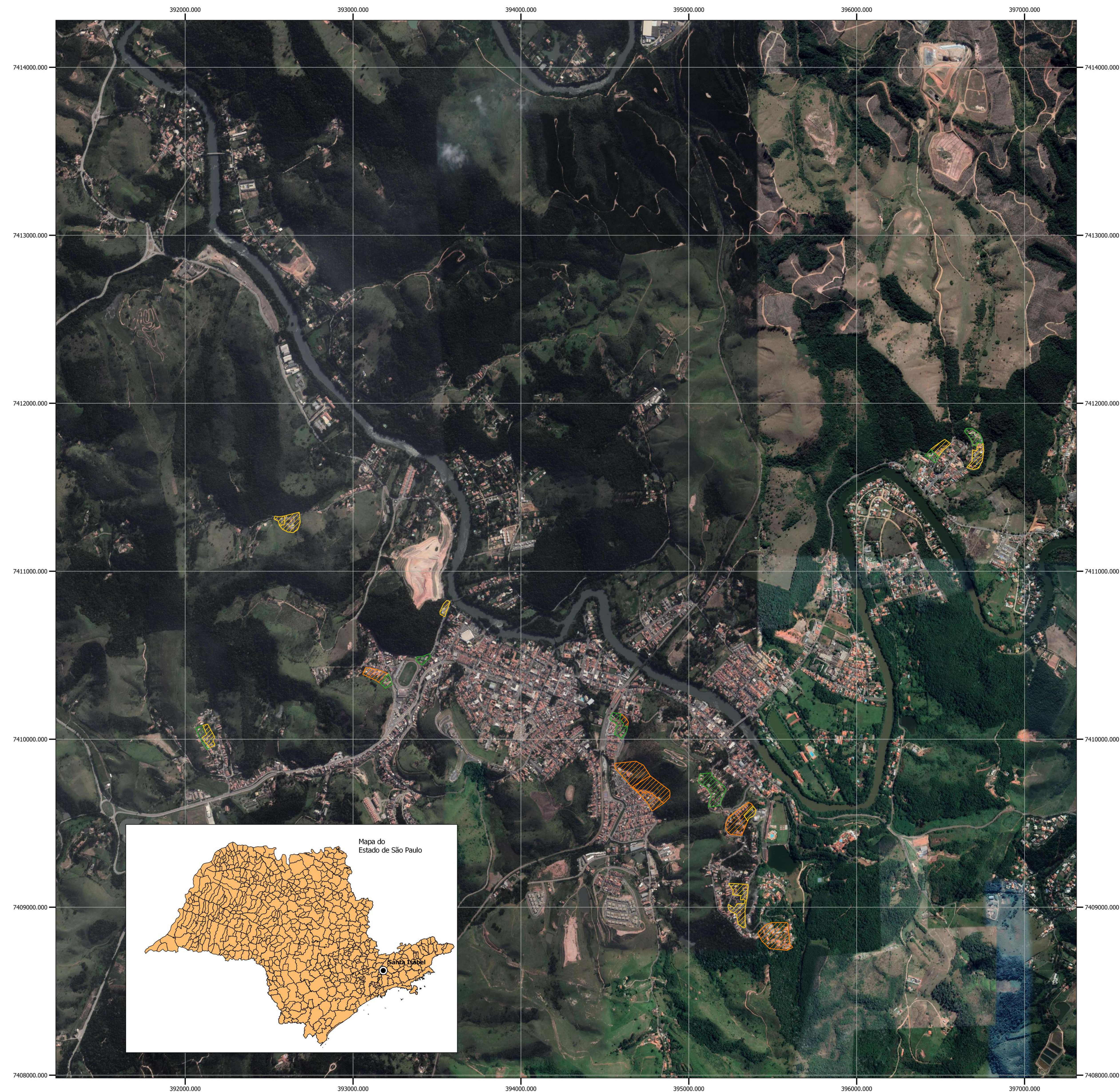
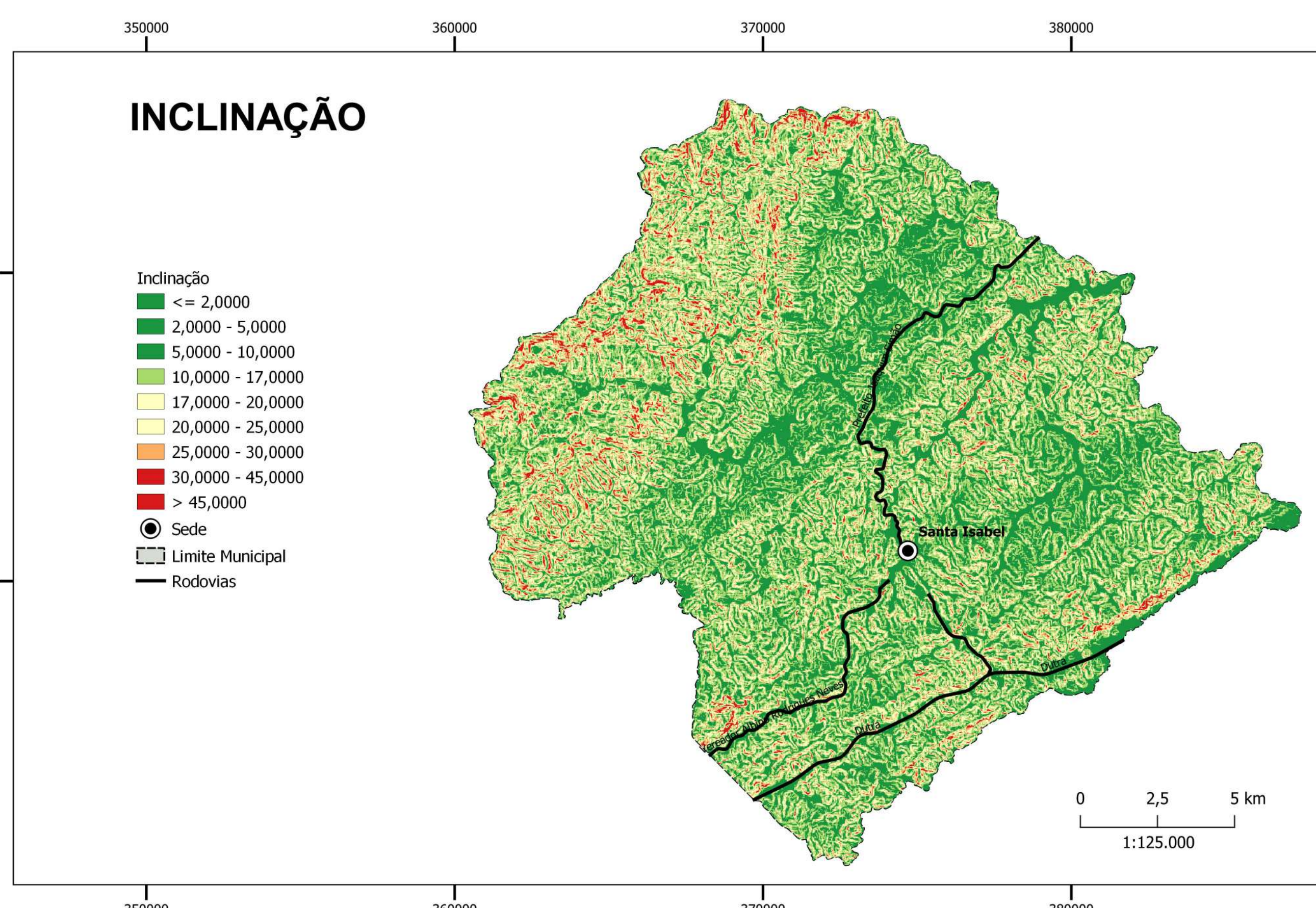
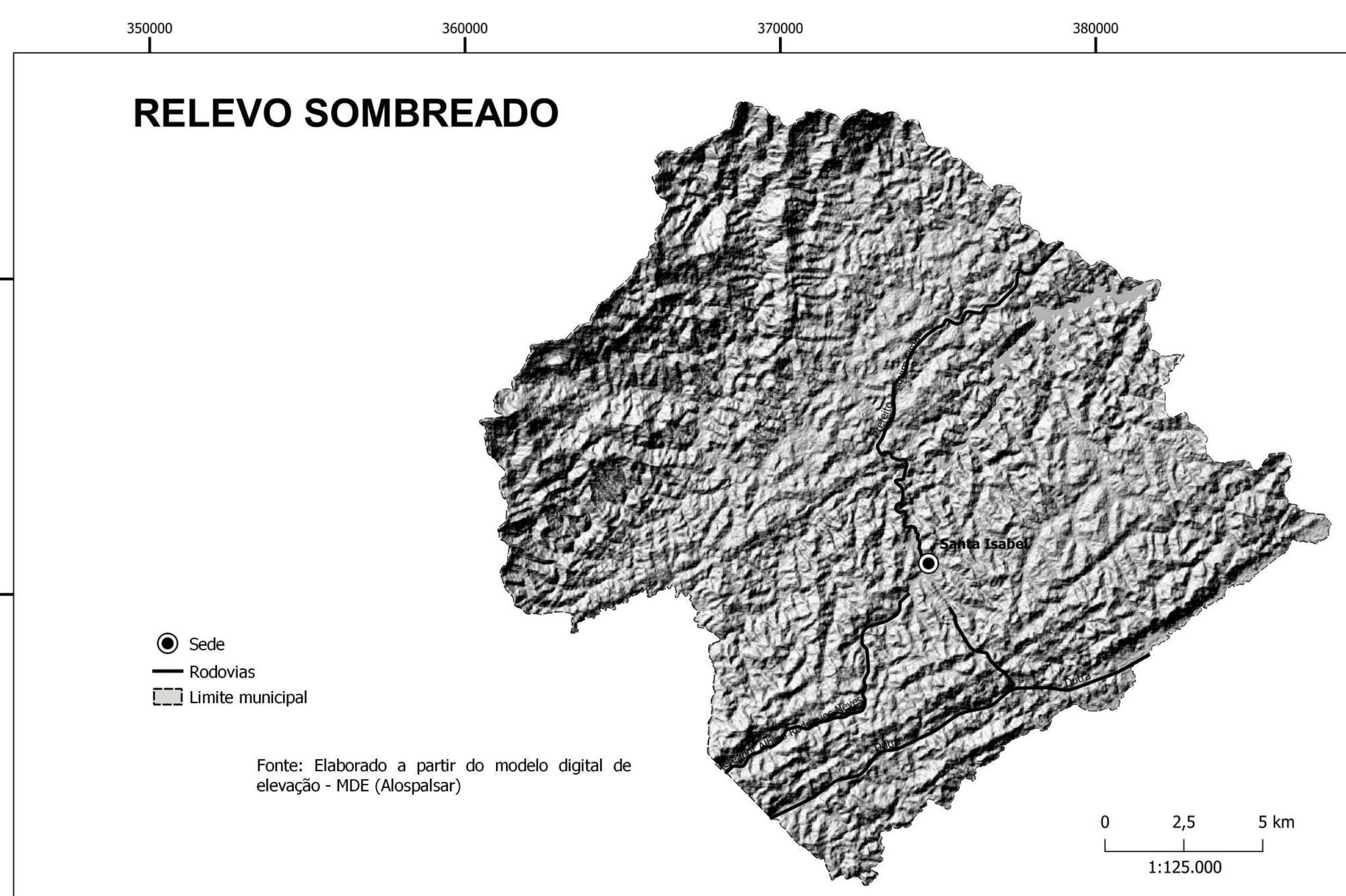
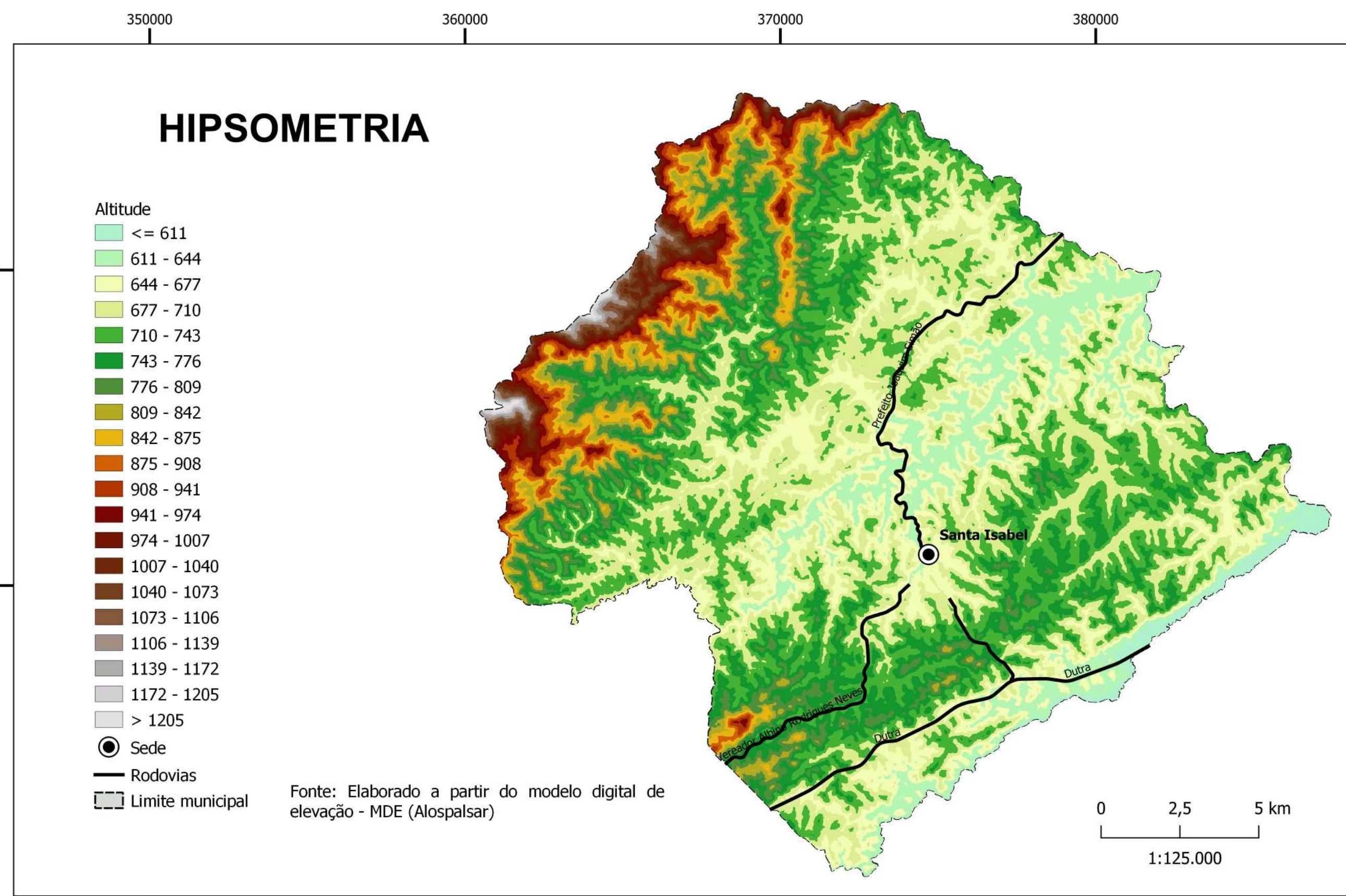
GUARAREMA -SP

0 2,5 5 7,5 10 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S

ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA





Convenções Cartográficas

- Sede
- Curso d'água
- Rodovias
- Ferrovias
- ▭ Limite Municipal
- ▭ Área Urbanizada

SETORIZAÇÃO DE RISCO - MÉTODO IG

- R0 - Nulo
- R1 - Baixo
- R2 - Médio
- R3 - Alto
- R4 - Muito Alto

SETORES DE RISCO PARA PROCESSOS DE MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

GUARAREMA - SP

0 2,5 5 7,5 10 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum horizontal: SIRGAS 2000 UTM 23S

ELABORADO POR: CLEILSON LOPES DE OLIVEIRA GAMA

