



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS DE SUSCETIBILIDADE  
E DE VULNERABILIDADE A DESLIZAMENTOS DE TERRA NO  
MUNICÍPIO DE CUNHA – SP, UTILIZANDO MODELAGENS  
MATEMÁTICAS ASSOCIADAS A PROJEÇÕES CLIMÁTICAS  
ETA-HADGEM-ES RCP 4.5 PARA O PERÍODO DE 2022 A 2040**

Irving Rodrigues de Souza

Relatório de Iniciação Científica  
do Programa PIBIC, orientada  
pelo Dr. Jean Pierre Henry  
Balbaud Ometto e coorientada  
pelo Dr. Paulo Valladares Soares.

INPE  
Cachoeira Paulista  
2021





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE ÁREAS DE SUSCETIBILIDADE  
E DE VULNERABILIDADE A DESLIZAMENTOS DE TERRA NO  
MUNICÍPIO DE CUNHA – SP, UTILIZANDO MODELAGENS  
MATEMÁTICAS ASSOCIADAS A PROJEÇÕES CLIMÁTICAS  
ETA-HADGEM-ES RCP 4.5 PARA O PERÍODO DE 2022 A 2040**

Irving Rodrigues de Souza

Relatório de Iniciação Científica  
do Programa PIBIC, orientada  
pelo Dr. Jean Pierre Henry  
Balbaud Ometto e coorientada  
pelo Dr. Paulo Valladares Soares.

INPE  
Cachoeira Paulista  
2021



## RESUMO

O presente Projeto de Iniciação Científica, iniciado em agosto de 2019, tem como objetivo principal dar continuidade a identificação e análise de áreas suscetíveis e vulneráveis a deslizamentos de terra no município de Cunha, além do uso de projeções climáticas do modelo regional Eta-HadGEM-ES RCP 4.5. Com estas novas previsões de extremos climáticos, possíveis áreas vulneráveis a estes desastres no município entre os períodos de 2022 a 2040 poderão ser levantadas. Após a investigação de eventos de deslizamentos de terra no município, verificou-se o registro de sucessivos desastres naturais no período de janeiro de 2010 a setembro de 2011. Com base em dados georreferenciados de ravinas e cicatrizes de deslizamentos de terra, fornecidos pela CPRM, foram coletados apenas os pontos de cicatrizes, e levantados outros pontos, através do banco de imagens de satélites disponibilizados no *Google Earth*, estando todos os pontos dentro deste período de ocorrência. No total foram obtidos 319 pontos de cicatrizes. Deste montante, 160 foram utilizados para o cálculo da suscetibilidade a deslizamentos de terra. Assim, os mapas temáticos para as variáveis ambientais pedologia, litologia, uso e cobertura do solo, declividade, curvatura horizontal e curvatura vertical foram reajustados. O mapa de uso e cobertura do solo foi realizado através de uma classificação supervisionada, com uso de imagens do satélite LANDSAT-5, e utilizado o algoritmo de otimização *Support Vector Machine* - SVM, no ambiente do *software* R. Através dos 160 pontos de cicatrizes distribuídos no município, foram calculados os pesos para cada classe das variáveis ambientais, com valores variando entre “0,00” e “1,00”. Em seguida, através do *software* ArcGIS® 10.8, e por intermédio da álgebra de mapas, aplicou-se uma modelagem matemática para obter a suscetibilidade. Como resultado, em uma área total de aproximadamente 1400,00 km<sup>2</sup> do município de Cunha, 1044,61 km<sup>2</sup> se encontraram na faixa de suscetibilidade média, representando em torno de 75% do município, enquanto 303,91 km<sup>2</sup> (21,74%), em classe de suscetibilidade alta. O valor máximo obtido de suscetibilidade foi de “0,69”, enquanto o Índice Médio Geral de Suscetibilidade para as 160 cicatrizes foi de “0,57”, sendo o maior valor obtido de “0,68”. Tal valor está coerente conforme previsto na modelagem, onde para valores maiores ou iguais a “0,70” poderão ocorrer eventos de deslizamentos. Desta forma, é essencial a investigação de precipitação na área de estudo para o cálculo da vulnerabilidade, visto que o município possui forte tendência à ocorrência destes desastres.

Palavras-chave: Suscetibilidade a deslizamentos de terra. Vulnerabilidade a deslizamentos de terra. Projeções climáticas Eta-Hadgem-ES RCP 4.5.



## ABSTRACT

This Scientific Initiation Project, started in August 2019, aims to continue the identification and analysis of susceptible and vulnerable areas to landslides in the municipality of Cunha, in addition to the use of climate projections from the regional model Eta-HadGEM-ES RCP 4.5. With these new transports from extreme weather, possible areas vulnerable to these disasters in the municipality between the periods 2022 to 2040 will be raised. After investigating landslide events in the municipality, the record of successive natural disasters was verified in the period from January 2010 to September 2011. Based on georeferenced data from ravines and landslide scars, provided by CPRM, only the scar points were collected, and other points were raised, through the database of satellite images available in Google Earth, all the points within this period of occurrence. A total of 319 scar points were collected. Of this amount, 160 were used to calculate the susceptibility to landslides. Thus, the thematic maps for environmental variables, pedology, lithology, land use and cover, slope, plan curvature and profile curvature were readjusted. The land use and cover map was carried out through a supervised classification, using images from the LANDSAT-5 satellite, and using the Support Vector Machine - SVM optimization algorithm, in the R software environment. Through the 160 scar points distributed in the municipality, the weights for each class of environmental variables were calculated, with values ranging between “0,00” and “1,00”. Then, through the ArcGIS® 10.8 software, and through map algebra, a mathematical modeling was applied to obtain the susceptibility. As a result, in a total area of approximately 1400,00 km<sup>2</sup> in the municipality of Cunha, 1044,61 km<sup>2</sup> were found in the average susceptibility range, representing around 75% of the municipality, while 303,91 km<sup>2</sup> (21,74%), in high susceptibility class. The maximum value of susceptibility obtained was “0,69”, while the Average General Susceptibility Index for the 160 scars was “0,57”, with the highest value obtained being “0,68”. This value is consistent as predicted in the modeling, where for values greater than or equal to “0,70” landslides may occur. Thus, the investigation of precipitation in the study area is essential to calculate vulnerability, since the municipality has a strong tendency to the occurrence of these disasters.

Keywords: Landslide Susceptibility. Landslide Vulnerability. Climatological Projections Eta-Hadgem-ES RCP 4.5.





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Cunha/SP.....	5
Figura 2 - Mapa pedológico do município de Cunha/SP .....	10
Figura 3 - Mapa litológico do município de Cunha/SP.....	11
Figura 4 - Mapa de uso e cobertura do solo do município de Cunha/SP em 2011 .....	14
Figura 5 - Mapa de declividade do município de Cunha/SP.....	15
Figura 6 - Mapa de curvatura horizontal do município de Cunha/SP .....	16
Figura 7 - Mapa de curvatura vertical do município de Cunha/SP .....	17
Figura 8 - Suscetibilidade a deslizamentos de terra do município de Cunha/SP para 2011 .....	21



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Confusão para a variável “Uso e Cobertura do Solo” do município de Cunha/SP para 2011.....	12
Tabela 2 - Acurácia do Produtor (AP) para as classes de UCS de Cunha/SP no ano de 2011 .....	13
Tabela 3 - Acurácia do Usuário (AU) para as classes de UCS de Cunha/SP no ano de 2011 .....	13
Tabela 4 - Classes para a variável “Pedologia” do município de Cunha/SP para 2011 .....	18
Tabela 5 - Classes para a variável “Litologia” do município de Cunha/SP para 2011 .....	18
Tabela 6 - Classes para a variável “Uso e Cobertura do Solo” do município de Cunha/SP para 2011 .....	19
Tabela 7 - Classes para a variável “Declividade” do município de Cunha/SP para 2011 .....	19
Tabela 8 - Classes para a variável “Curvatura Horizontal” do município de Cunha/SP para 2011 .....	20
Tabela 9 - Classes para a variável “Curvatura Vertical” do município de Cunha/SP para 2011 .....	20
Tabela 10 - Índices de Suscetibilidade das 160 cicatrizes para cada classe de variável ambiental do município de Cunha/SP para 2011 .....	22



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Desastres Naturais.....	1
1.2 O município de Cunha/SP .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo Geral .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>2. CARACTERIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO PARA ESTUDAR O MUNICÍPIO DE CUNHA/SP.....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>9</b>
<b>5. DISCUSSÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Desastres Naturais

Segundo a definição de Alexander (1993) *apud* Reckziegel (2007), os desastres naturais (em inglês, “*Natural Disasters*”) podem ser entendidos como impactos rápidos, instantâneos ou prolongados do meio ambiente natural sobre o sistema socioeconômico. As catástrofes constituem ocorrências em que os prejuízos materiais e/ou humanos ocorrem em grande escala e cuja gestão exige recursos para além das possibilidades de uma região de um país, ou mesmo do próprio país como um todo. Este termo contempla tanto terremotos e tsunamis, quanto fenômenos mais corriqueiros, com ocorrência espontânea ou induzida pelo homem, como por exemplo, as inundações, erosões e deslizamentos (TOMINAGA *et al.*, 2009).

Estes desastres têm apresentado recorrência e impactos cada vez maiores atualmente, sendo responsáveis por expressivos prejuízos de cunho ambiental, econômico e social (TOMINAGA *et al.*, 2009). Diante do aumento expressivo das ocorrências nas últimas décadas, a humanidade vem sendo desafiada a adotar posturas mais efetivas de solução. A partir das décadas de 1960, 1970 e 1980, com o acelerado crescimento urbano e a precária organização nas ocupações urbanas, houve um aumento considerável de danos materiais e vítimas fatais em decorrência destes eventos. Isso mobilizou não só a comunidade científica como também instituições internacionais, como as Nações Unidas, a voltarem esforços para a prevenção e redução dos desastres naturais (RECKZIEGEL, 2007).

Índices pluviométricos elevados causam a saturação do solo, e se associados a processos de ocupação em setores de risco, podem desencadear deslizamentos de terra (TEIXEIRA, 2019). Do ponto de vista ambiental, a ocorrência de deslizamentos acelera e intensifica novos movimentos de massa, promovendo irreversíveis impactos na fauna e flora local. Como prejuízos sociais pode-se destacar traumas de magnitude psicológica nas vítimas, o que eleva os gastos com saúde e a realocação dessas pessoas para outros

estabelecimentos, muitas das vezes provisórios (TONIAZZO *et al.*, 2018). Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2017), 3.463 pessoas morreram no Brasil entre 1988 e 2016, por conta de eventos de deslizamentos de terra, reforçando a importância da prevenção destes eventos de magnitude extrema.

No Brasil, os tipos de desastres mais recorrentes são as inundações e os escorregamentos, com 61,8% e 15% dos registros, respectivamente (RODRIGUES, 2013). Em países de elevada urbanização e com elevada desigualdade social, as alternativas habitacionais de populações de baixa renda tem se reduzido, restando a ocupação em locais desfavoráveis e mais suscetíveis a desastres naturais, como áreas ambientalmente inadequadas, ausentes de planejamento urbano e infraestrutura (ROSA FILHO, 2010).

Verifica-se atualmente ainda, um aumento na frequência e na intensidade de eventos de chuva devido às mudanças climáticas (CORDERO *et al.*, 2009). O Documento do Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República do Brasil (NAE) revela que países em desenvolvimento como o Brasil encontram-se mais vulneráveis à mudança do clima, por terem historicamente uma menor capacidade de responder a sua variabilidade natural (NAE, 2005).

Assim, as populações desses locais estão mais expostas aos perigos decorrentes dos extremos climáticos, tanto pela fragilidade de suas habitações, como pela dificuldade de reação ao meio (HOGAN, 2009 *apud* SILVA, 2014).

## **1.2 O município de Cunha/SP**

Um exemplo de localidade com grande ocorrência de desastres naturais é o município de Cunha, situado no Estado de São Paulo. Embora o município tenha extrema relevância ambiental, abrigando nascentes e grandes áreas de Bacias Hidrográficas (ANA, 2019), Cunha tem mudado significativamente a sua ocupação, acarretando problemas ambientais em seu território.

Segundo a publicação “População em áreas de risco no Brasil”, divulgada pelo IBGE e CEMADEN (2018), até 2017 existiam no município de Cunha 853 domicílios localizados em áreas de risco e habitados por 2.680 pessoas,



equivalendo a 12,3% do total de sua população de 21.866 habitantes (IBGE, 2010).

Desta maneira, há uma crescente importância em desenvolver métodos que busquem interpretar áreas vulneráveis, no contexto das mudanças climáticas, considerando as diferentes escalas de ocorrência dos fenômenos e agregando dados que interajam de múltiplas maneiras e em distintas situações (SILVA, 2014). Assim, destaca-se recentemente a utilização de tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na identificação dessas áreas, que permitem a integração de dados, como: tipo de solo, topografia, uso e ocupação do solo, entre outros, auxiliando na elaboração de prognósticos mais confiáveis da área de estudo (BISPO *et al.*, 2011 *apud* TEIXEIRA, 2019).

Portanto, neste contexto de mudanças climáticas e na função da ciência como ícone essencial para a redução de desastres naturais, este Projeto tem objetivado identificar, do ponto de vista ambiental, as principais áreas urbanas e rurais suscetíveis e vulneráveis a deslizamentos de terra do município de Cunha, tal como projetar eventos de precipitação no município para o período de 2022 a 2040. Espera-se que os resultados neste Projeto sejam importantes provedoras de bases científicas para tomadas de decisões sobre estas áreas, prevenindo e/ou mitigando futuros novos desastres no município de Cunha.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Este projeto de Iniciação Científica tem como objetivo principal a Identificação e análise de áreas de suscetibilidade e de vulnerabilidade a deslizamentos de terra do município de Cunha - SP, com projeções climáticas Eta-HadGEM-ES RCP 4.5 para o período de 01/01/2022 a 30/12/2040.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Este projeto tem como objetivos específicos, conforme previsto originalmente no cronograma a:

### **ETAPA 1: (agosto de 2019 a agosto de 2020)**

- a) Criação de arquivos em formato vetorial “*Shapefile*” das variáveis ambientais pedologia e litologia; e em formato matricial “*Raster*”, uso e cobertura do solo, declividade, curvatura horizontal e curvatura vertical do município de Cunha/SP. Para tanto, serão utilizadas dados georreferenciados e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), através do *software* ArcGIS®;

### **ETAPA 2: (setembro de 2020 a agosto de 2021)**

- b) Conversão dos arquivos das variáveis ambientais em formato “*Shapefile*” para o formato “*Raster*” pelo *software* ArcGIS® permitindo o uso da função álgebra de mapas;
- c) Aplicação dos índices de suscetibilidade a deslizamentos de terra desenvolvidos por SILVA (2014), às áreas do município de Cunha relacionadas às suas variáveis ambientais citadas;
- d) Geração do mapa de suscetibilidade do município de Cunha a deslizamentos de terra, a partir de ferramentas do *software* ArcGIS® na função álgebra de mapas;
- e) Análise das áreas do município de Cunha suscetíveis a deslizamentos de terra, classificando-as segundo as categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta;

### **ETAPA 3: (setembro de 2021 a agosto de 2022)**

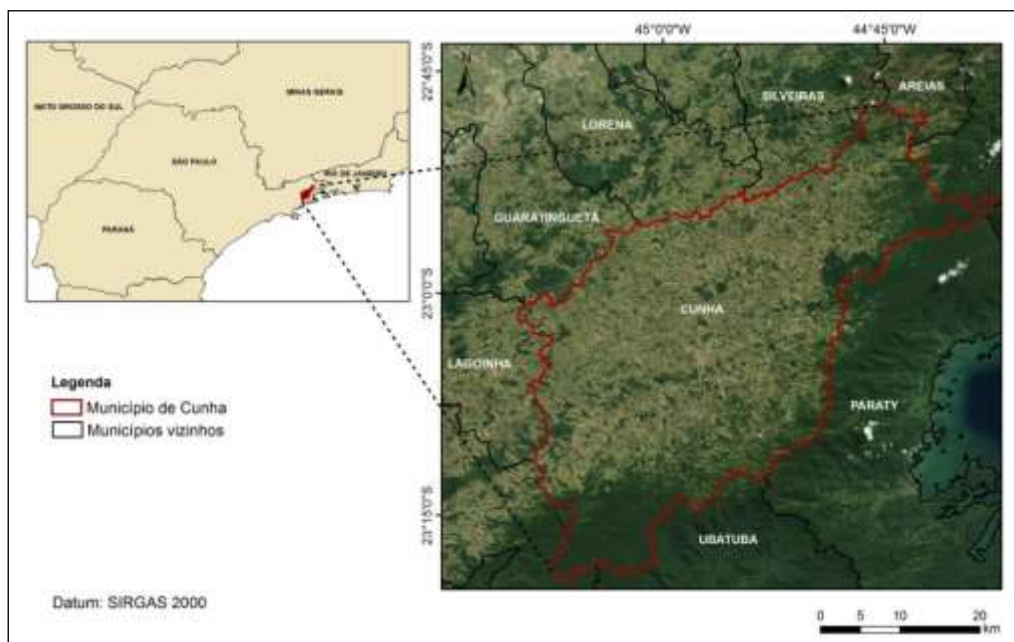
- f) Levantamento e análise de dados meteorológicos do município de Cunha desde 01/01/2000;
- g) Geração do mapa de vulnerabilidade a deslizamentos de terra no município de Cunha, a partir de ferramentas do *software* ArcGIS® na função álgebra de mapas, utilizando os dados de suscetibilidade e meteorológicos da área de estudo;

- h) Análise das áreas do município de Cunha vulneráveis a deslizamentos de terra, classificando-as segundo as categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta;
- i) Projeção de eventos de deslizamento de terra no município de Cunha através do modelo regional Eta HadGEM-ES RCP 4.5, para o período de 01/01/2022 a 30/12/2040; e
- j) Submissões/publicações de artigos em periódicos (jornais, revistas e livros científicos) nacionais e internacionais.

## **2. CARACTERIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO PARA ESTUDAR O MUNICÍPIO DE CUNHA/SP**

O município de Cunha, situado no Estado de São Paulo, tem uma extensão territorial de 1.407,25 km<sup>2</sup> (SEADE, 2019), com uma altitude média de 1.100 metros, atingindo os 1.840 metros, como é o caso do Pico da Pedra da Macela. Limita-se com os municípios de Ubatuba, São Luiz do Paraitinga, Lagoinha, Guaratinguetá, Lorena, Silveiras, Areias, São José de Barreiro no estado de São Paulo, e de Angra dos Reis e de Paraty no estado do Rio de Janeiro (PECC, 2019). Cunha é uma estância climática localizada entre as Serras da Quebra-Cangalha, da Bocaina e a do Mar, na Latitude: 23° 04' 28" S e Longitude: 44° 57' 35" W (Figura 1).

Figura 1 - Localização do município de Cunha/SP



Fonte: Autoria própria (2019).

As terras do município de Cunha abrigam as nascentes e grandes áreas das Bacias Hidrográficas dos rios Paraitinga e Paraibuna, formadores da grande Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que abrange 03 UFs e abastece em torno de 14 milhões de pessoas em 184 municípios (ANA, 2019). O município de Cunha possui duas unidades de conservação de proteção integral, o núcleo Cunha-Indaiá do Parque Estadual da Serra do Mar e parte do Parque Nacional da Serra da Bocaina, totalizando uma área de aproximadamente 12.500 ha legalmente protegidos dentro do município. O município possui pequenas áreas de remanescentes florestais, devido ao processo de substituição da floresta nativa por pastagens e culturas anuais de subsistência familiar. Porém, atualmente estas áreas de agropecuária se encontram em elevado grau de degradação de solo, provocando deslizamentos de terra, erosão do solo, assoreamento dos rios, destruição de nascentes, e outros tipos de desastres naturais, associados principalmente à falta de políticas públicas e de investimentos de infraestrutura (MMA, 2005).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a população do município de Cunha no último censo realizado em 2010 era de 21.866

peças, enquanto em 2018 este número caiu para 21.639 de habitantes (IBGE, 2018). O município apresenta 52,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado; 43,1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização; e 32,6% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2018).

Em janeiro de 2010 fortes chuvas atingiram o Vale do Paraíba, preponderantes para que no município de Cunha ocorressem diversos deslizamentos de terra, levando à morte de seis pessoas soterradas (TERRA, 2010).

Portanto, devido ao alto índice ainda de moradias situadas em áreas de risco, o município de Cunha se torna uma importante área de estudo, visando a previsão destes eventos e posterior prevenção de novos impactos.

### **3. METODOLOGIA**

Os procedimentos metodológicos realizados neste ano de Projeto são referentes ao cumprimento da “ETAPA 2”, descrita na Seção 2, onde o mapa temático final de suscetibilidade a deslizamentos de terra foi elaborado com o auxílio do *software* de geoprocessamento ArcGIS® 10.8. Contudo, previamente a esta etapa, foi realizada uma revisita a “ETAPA 1” do presente Projeto. Mediante considerações levantadas pelos avaliadores do Seminário de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do INPE de 2020 - SICINPE, os mapas temáticos georreferenciados das 6 variáveis ambientais pertencentes à modelagem desenvolvida por Silva (2014) a ser aplicada ao município de Cunha/SP foram refeitos.

Os dados da variável ambiental “Pedologia” foram extraídos do mapa pedológico do Estado de São Paulo, desenvolvido por Rossi (2017). Quanto a “Litologia”, os dados foram extraídos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, de 2004. A variável declividade é oriunda do Modelo Digital de Elevação - MDE do projeto TOPODATA/INPE (2008), e as variáveis “Curvatura Horizontal” e Curvatura Vertical” também obtidas pelo TOPODATA/INPE. A curvatura

horizontal, entendida como a derivada de segunda ordem das curvas de nível de uma determinada vertente (VALERIANO, 2008), foi calculada respeitando as recomendações de Valeriano, onde o esquema de 5 classes é estabelecido com a faixa de +/-0,054º/m para terrenos planares. A curvatura vertical, por sua vez, é descrita como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância, ou como a segunda derivada da altitude (VALERIANO, 2008). Esta também foi calculada respeitando as recomendações de Valeriano (2008), com o esquema de 5 classes estabelecido na faixa de admissão de +/-0,00125º/m para a classe retilínea.

Os dados da variável “Uso e Cobertura do Solo” foram gerados a partir de imagem do satélite LANDSAT-5, de 05/09/2011. A partir do uso das Bandas do azul (B1), verde (B2), vermelho (B3), infravermelho próximo (B4), infravermelho médio (B5 e B7), e posteriormente do cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI, foi realizada uma classificação supervisionada, onde através do algoritmo de otimização *Support Vector Machine* - SVM, no ambiente do software R, obteve-se as classes de tal variável.

Cabe salientar também, que tanto os dados do LANDSAT-5, quanto os do TOPODATA/INPE, fornecem dados com resolução espacial de 30 m. Assim sendo, as variáveis “Pedologia” e “Litologia” foram reprojctadas para essa resolução de modo a manter a regularidade das resoluções de todas as variáveis, resultando assim, em um mapa de suscetibilidade a deslizamentos de terra com a mesma resolução espacial.

Para o cumprimento da vigente Etapa (“ETAPA 2”) do Projeto, foi realizado o cálculo da suscetibilidade a deslizamentos de terra, conforme a “Equação 1” a seguir, desenvolvida por Silva (2014).

$$S = \left( \frac{\sqrt{Vdc} + \sqrt{Vpd} + \sqrt{Vli} + \sqrt{Vus} + \sqrt{Vcv} + \sqrt{Vch}}{NVA} \right) \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

- S = Suscetibilidade
- $\sqrt{Vdc}$  = Raiz Quadrada da Variável Declividade
- $\sqrt{Vpd}$  = Raiz Quadrada da Variável Pedologia
- $\sqrt{Vli}$  = Raiz Quadrada da Variável Litologia
- $\sqrt{Vus}$  = Raiz Quadrada da Variável Uso e Cobertura do Solo
- $\sqrt{Vcv}$  = Raiz Quadrada da Variável Curvatura Vertical
- $\sqrt{Vch}$  = Raiz Quadrada da Variável Curvatura Horizontal
- NVA = Número de Variáveis (6)

Para este cálculo, foram obtidos pontos de cicatrizes de deslizamentos de terra que ocorreram no município de Cunha. Após a investigação de eventos que aconteceram no município, verificou-se o registro de sucessivos desastres naturais no período de janeiro de 2010 a setembro de 2011, inclusive com registro de 6 óbitos (TERRA, 2010).

Com base em dados georreferenciados de feições pontuais, fornecidos pela CPRM, foram apresentados 343 pontos de ravinas e cicatrizes de deslizamentos de terra. Como estes pontos não apresentavam a data exata de ocorrência, verificou-se e coletou-se no período citado apenas os pontos de cicatrizes. Além disto, foram também levantados outros pontos que não foram coletados pela CPRM. Essa verificação foi realizada através do banco de imagens de satélites disponibilizados no Google Earth, estando todos os pontos dentro deste período de ocorrência. Por fim, foram coletadas amostragem de 319 cicatrizes de deslizamentos de terra. Deste montante, 160 pontos, escolhidos de modo a contemplar a maior parte das classes das variáveis ambientais pertencentes à modelagem, foram utilizados para o cálculo da suscetibilidade a deslizamentos de terra, e os outros 159 serão utilizados para a validação, quando calculada a vulnerabilidade a deslizamentos de terra (previsto na “ETAPA 3”).

Através dos 160 pontos de cicatrizes distribuídos no município, foram calculados proporcionalmente os pesos para cada classe das variáveis ambientais, com valores variando entre “0,00” e “1,00”.

#### **4. RESULTADOS**

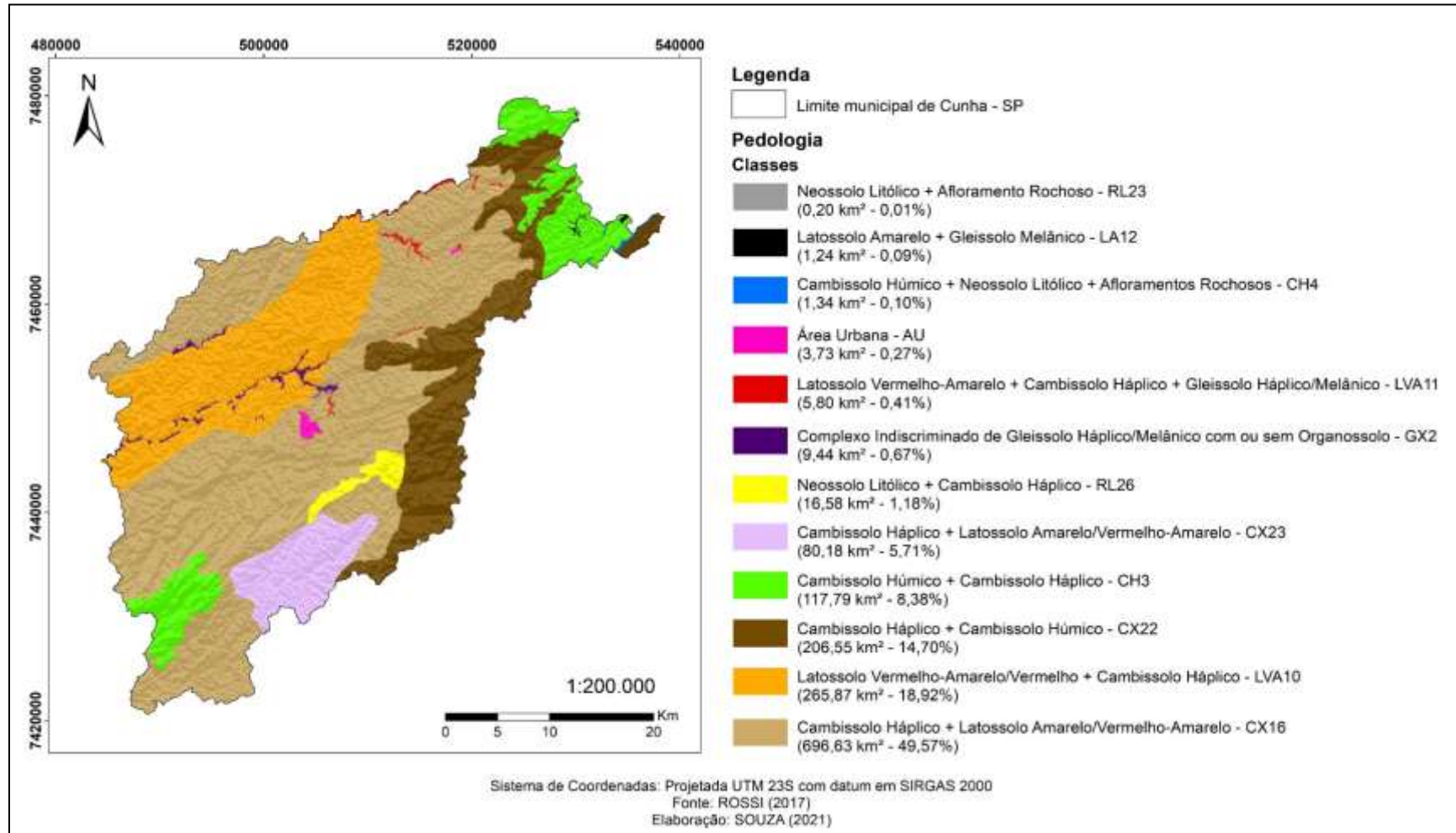
De setembro de 2020 a agosto de 2021, como de acordo com a proposta do Projeto, foi finalizado o mapa de suscetibilidade a deslizamentos de terra para o município de Cunha/SP, empregando a modelagem desenvolvida por Silva (2014).

Para se obter tal resultado, e como já mencionado anteriormente, os mapas das 6 variáveis ambientais foram refeitos. As Figuras 2 e 3 apresentam os mapas temáticos das variáveis “Pedologia” e “Litologia”.

É importante ressaltar que para essas variáveis, a resolução espacial foi reprojeta para a escala de 30 m.

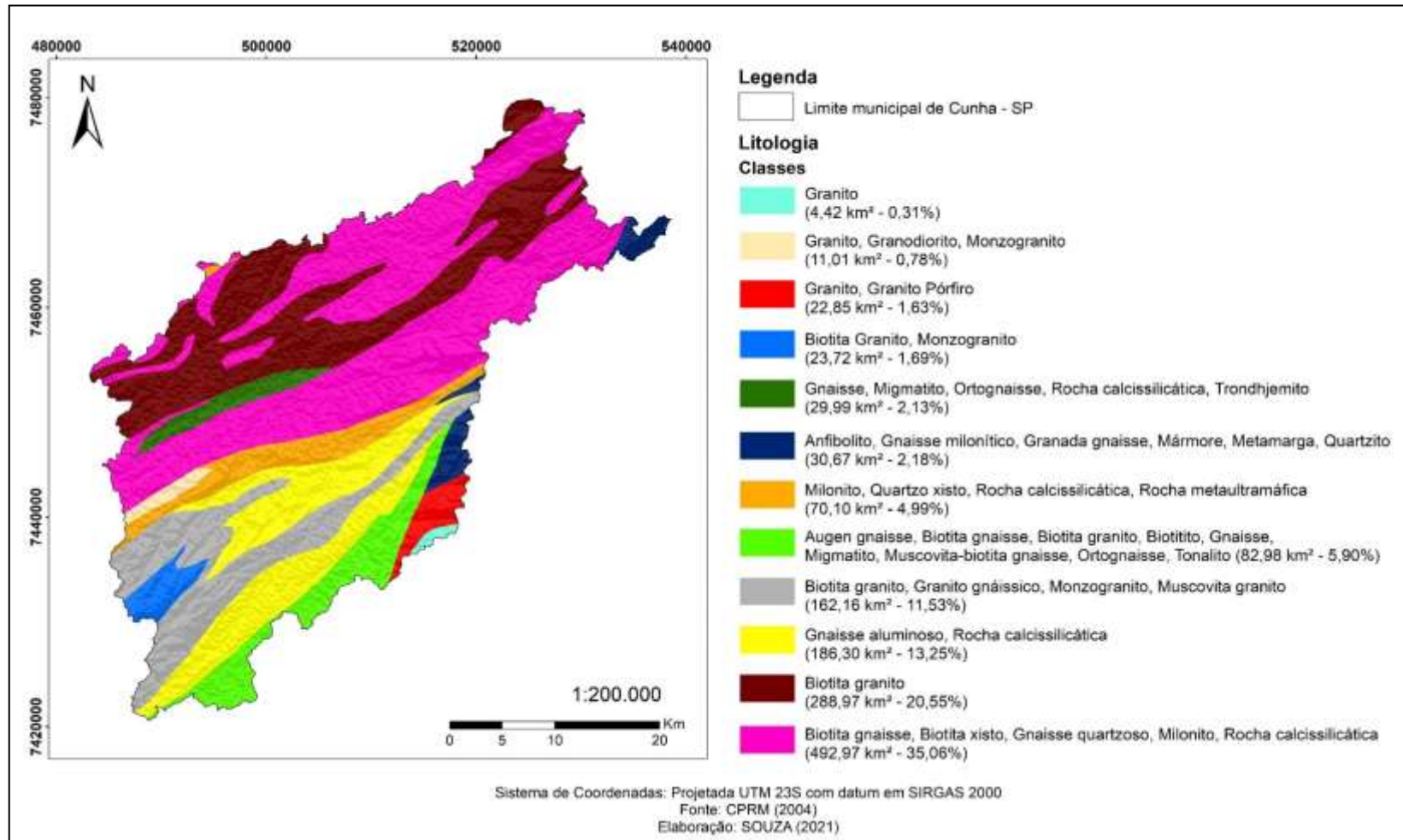


Figura 2 - Mapa pedológico do município de Cunha/SP



Fonte: Autoria própria, dados provenientes de Rossi (2017).

Figura 3 - Mapa litológico do município de Cunha/SP



Fonte: Autoria própria, dados provenientes de CPRM (2004).

Para a confecção do mapa da variável ambiental “uso e cobertura do solo”, como já mencionado, foi realizada uma classificação supervisionada, através do algoritmo de otimização *Support Vector Machine* - SVM, no ambiente do *software* R. Tal algoritmo é um grupo de métodos de aprendizado de máquina usados para classificação e regressão, baseado no conceito de planos de decisão que definem seus limites, onde estes planos separam objetos de diferentes classes (VIDHYA, 2013 *apud* LIMA, 2014).

A matriz de confusão, por sua vez, indica uma visão tabulada da acurácia do mapa de classificação e permite o cálculo de medidas específicas tais como a acurácia global, acurácia do usuário e acurácia do produtor (CONGALTON, 1991). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para a matriz de confusão do uso e cobertura de Cunha.

Tabela 1 - Matriz de Confusão para a variável “Uso e Cobertura do Solo” do município de Cunha/SP para 2011

Classes	Afloramento Rochoso	Água	Eucalipto	Floresta	Pastagem e/ou Agricultura	Solo Exposto	Área Construída
Afloramento Rochoso	15	0	0	0	0	1	0
Água	0	8	0	0	0	0	0
Eucalipto	0	0	147	0	0	0	0
Floresta	0	0	0	949	0	0	0
Pastagem e/ou Agricultura	0	1	0	0	394	0	0
Solo Exposto	1	0	0	0	0	56	0
Área Construída	0	0	0	0	0	0	19

Fonte: Autoria própria.

A avaliação do SVM resultou em uma acurácia global de 98,93%, que é o resultado da soma do número de pixels que foram classificados corretamente, dividido pelo número total de pixels.

O coeficiente Kappa é uma medida de concordância, bastante utilizada na literatura de avaliação como forma de medir o desempenho em relação à

quantidade de casos corretamente avaliados (COHEN, 1960 *apud* MOURA, 2016). Desta maneira, o valor obtido para o presente estudo foi de 98,13%.

A acurácia do produtor (AP) indica a probabilidade de um pixel de referência ter sido corretamente classificado. A acurácia do usuário (AU), por sua vez, calcula a probabilidade de um pixel classificado no mapa representar de fato essa classe em campo (CONGALTON, 1991). As Tabelas 2 e 3 indicam tais valores para cada variável ambiental.

Tabela 2 - Acurácia do Produtor (AP) para as classes de UCS de Cunha/SP no ano de 2011

	Afloramento Rochoso	Água	Eucalipto	Floresta	Pastagem e/ou Agricultura	Solo Exposto	Área Construída
<b>AP</b>	93,75	88,89	100,00	100,00	100,00	98,25	100,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Acurácia do Usuário (AU) para as classes de UCS de Cunha/SP no ano de 2011

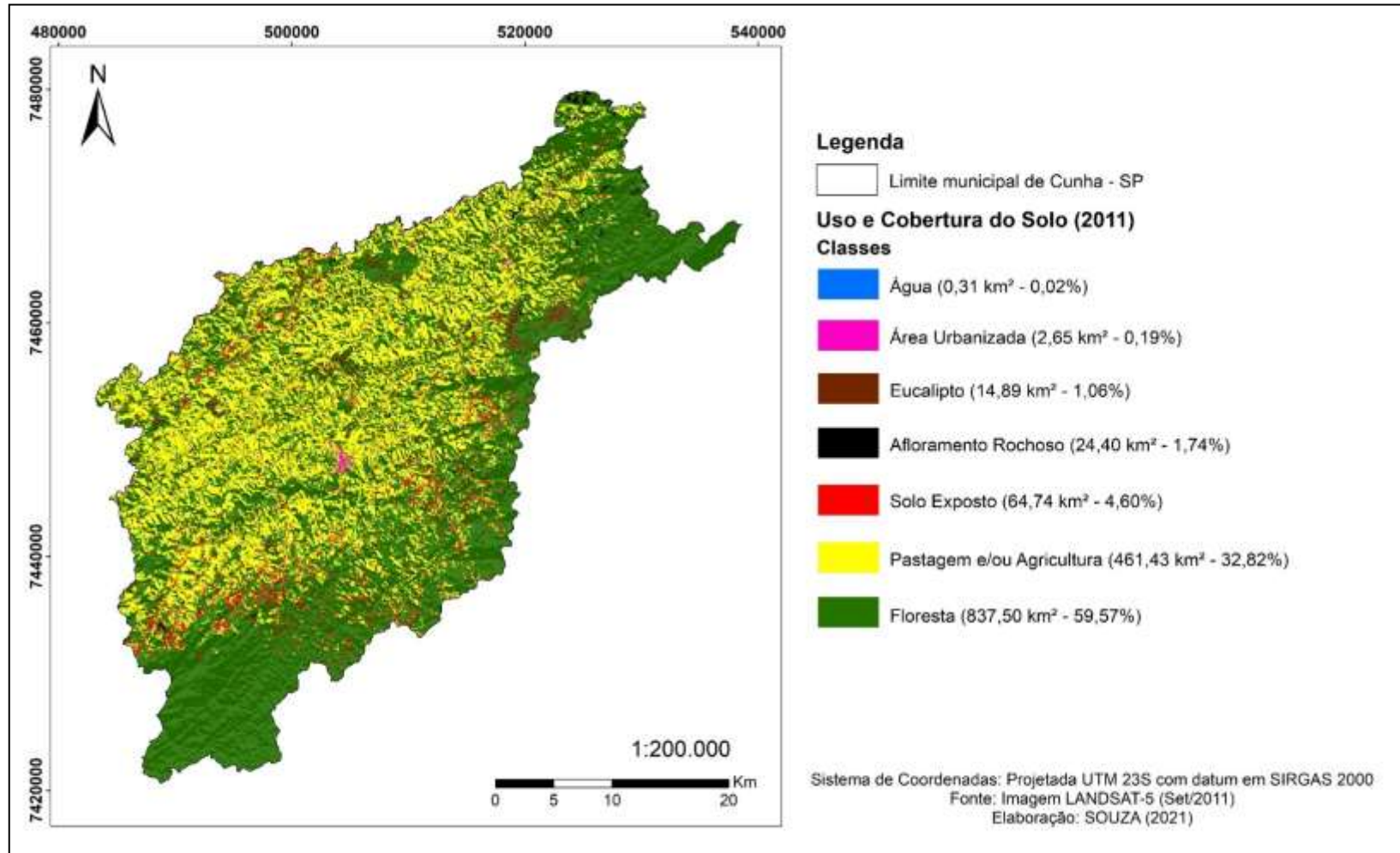
	Afloramento Rochoso	Água	Eucalipto	Floresta	Pastagem e/ou Agricultura	Solo Exposto	Área Construída
<b>AU</b>	93,75	100,00	100,00	100,00	99,75	98,25	100,00

Fonte: Autoria própria.

Por fim, a Figura 4 apresenta o mapa temático final da variável ambiental “Uso e cobertura do solo”.

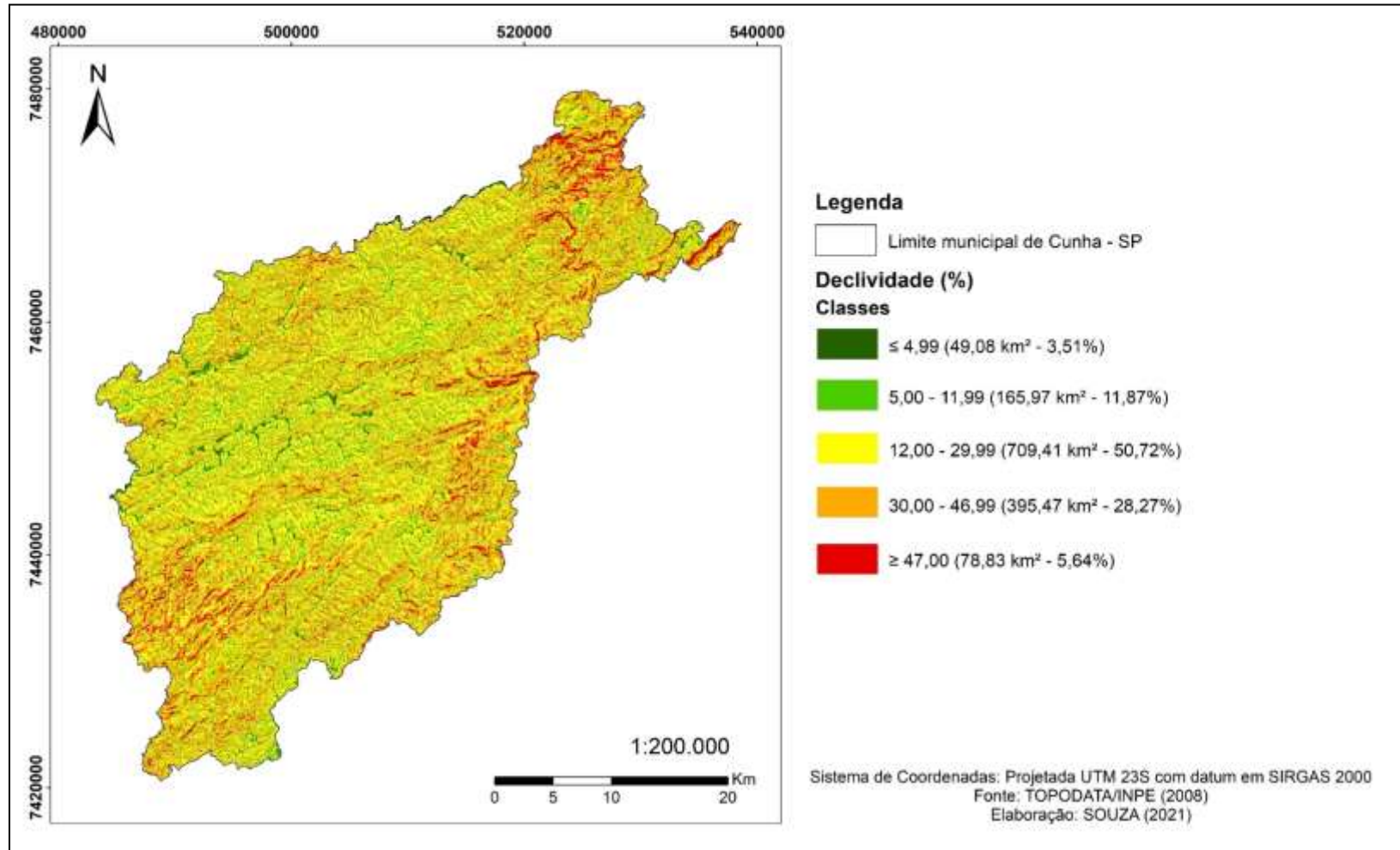
As Figuras 5, 6 e 7, por sua vez, apresentam os resultados obtidos para as variáveis ambientais “declividade”, “curvatura horizontal” e “curvatura vertical”, respectivamente.

Figura 4 - Mapa de uso e cobertura do solo do município de Cunha/SP em 2011



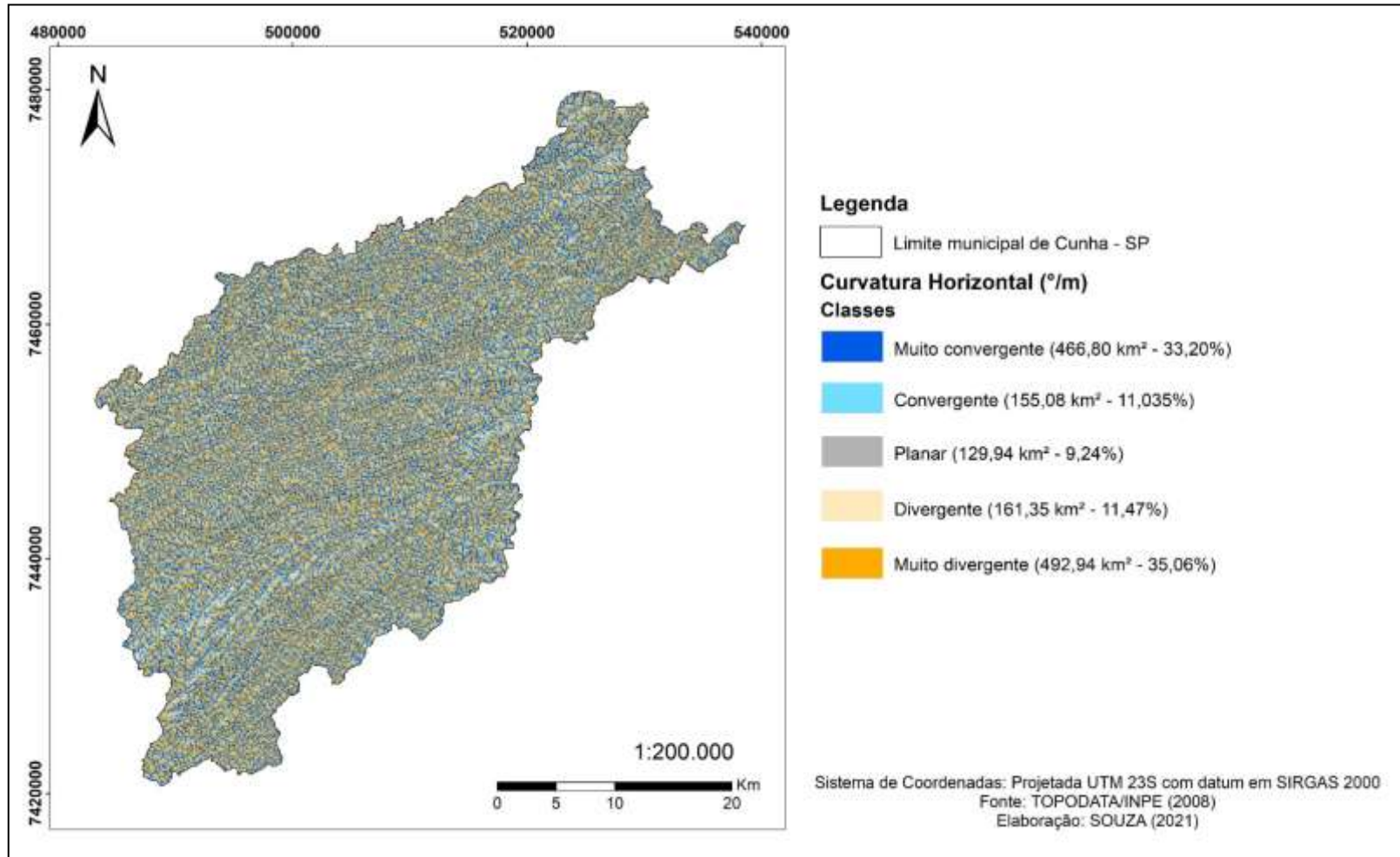
Fonte: Autoria própria, imagem proveniente de LANDSAT-5 de Set/2011 (2021).

Figura 5 - Mapa de declividade do município de Cunha/SP



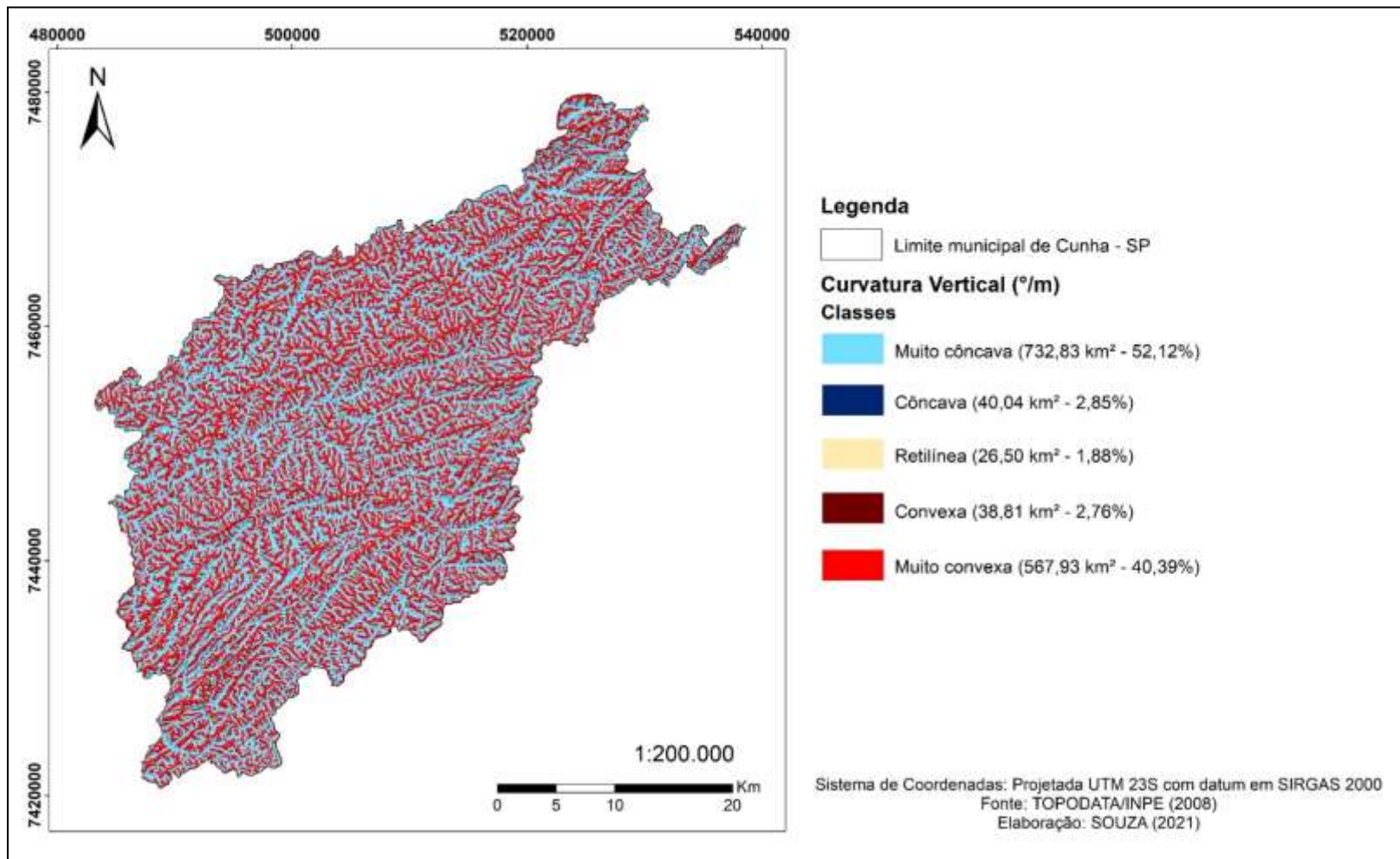
Fonte: Autoria própria, dados provenientes de TOPODATA/INPE (2008).

Figura 6 - Mapa de curvatura horizontal do município de Cunha/SP



Fonte: Autoria própria, dados provenientes de TOPODATA/INPE (2008).

Figura 7 - Mapa de curvatura vertical do município de Cunha/SP



Fonte: Autoria própria, dados provenientes de TOPODATA/INPE (2008).



Diante dos dados apresentados, foi possível, portanto, calcular os pesos de suscetibilidade de “0,00” a “1,00” para as classes das variáveis ambientais. As tabelas de “4” a “9” apresentam os pesos adotados para o cálculo da suscetibilidade.

Tabela 4 - Classes para a variável “Pedologia” do município de Cunha/SP para 2011

<b>Pedologia</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
GX2	0	0,00
LVA11	0	0,00
AU	0	0,00
LVA10	18	0,11
LA12	0	0,00
RL26	17	0,11
CH4	0	0,00
CX16	83	0,52
CH3	2	0,01
RL23	0	0,00
CX23	0	0,00
CX22	40	0,25

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Classes para a variável “Litologia” do município de Cunha/SP para 2011

<b>Litologia</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
Biotita granito	28	0,18
Granito, Granito pórfiro	0	0,00
Gnaiss, Migmatito, Ortognaiss, Rocha calcissilicática, Trondhjemito	1	0,01
Gnaiss aluminoso, Rocha calcissilicática	36	0,23
Milonito, Quartzito xisto, Rocha calcissilicática, Rocha metaultramáfica	14	0,09
Biotita gnaiss, Biotita xisto, Gnaiss quartzoso, Milonito, Rocha calcissilicática	61	0,38
Granito	0	0,00

Continua

Tabela 5 – Conclusão

Anfibolito, Gnaiss milonítico, Granada gnaiss, Mármore, Metamarga, Quartzito	0	0,00
Augen gnaiss, Biotita gnaiss, Biotita granito, Biotitito, Gnaiss, Migmatito, Muscovita-biotita gnaiss, Ortognaiss, Tonalito	0	0,00
Biotita granito, Monzogranito	2	0,01
Biotita granito, Granito gnáissico, Monzogranito, Muscovita granito	17	0,11
Granito, Granodiorito, Monzogranito	1	0,01

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 - Classes para a variável “Uso e Cobertura do Solo” do município de Cunha/SP para 2011

<b>Uso e Cobertura do Solo</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
Afloramento Rochoso	11	0,07
Água	0	0,00
Eucalipto	0	0,00
Floresta	82	0,51
Pastagem e/ou Agricultura	55	0,34
Solo Exposto	12	0,08
Área Construída	0	0,00

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7 - Classes para a variável “Declividade” do município de Cunha/SP para 2011

<b>Declividade</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
< 5%	4	0,03
5 a 12%	8	0,05
12 a 30%	58	0,36
30 a 47%	67	0,42
> 47%	23	0,14

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 - Classes para a variável “Curvatura Horizontal” do município de Cunha/SP para 2011

<b>Curvatura Horizontal</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
Muito convergente	65	0,41
Convergente	16	0,10
Planar	19	0,12
Divergente	16	0,10
Muito divergente	44	0,28

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 - Classes para a variável “Curvatura Vertical” do município de Cunha/SP para 2011

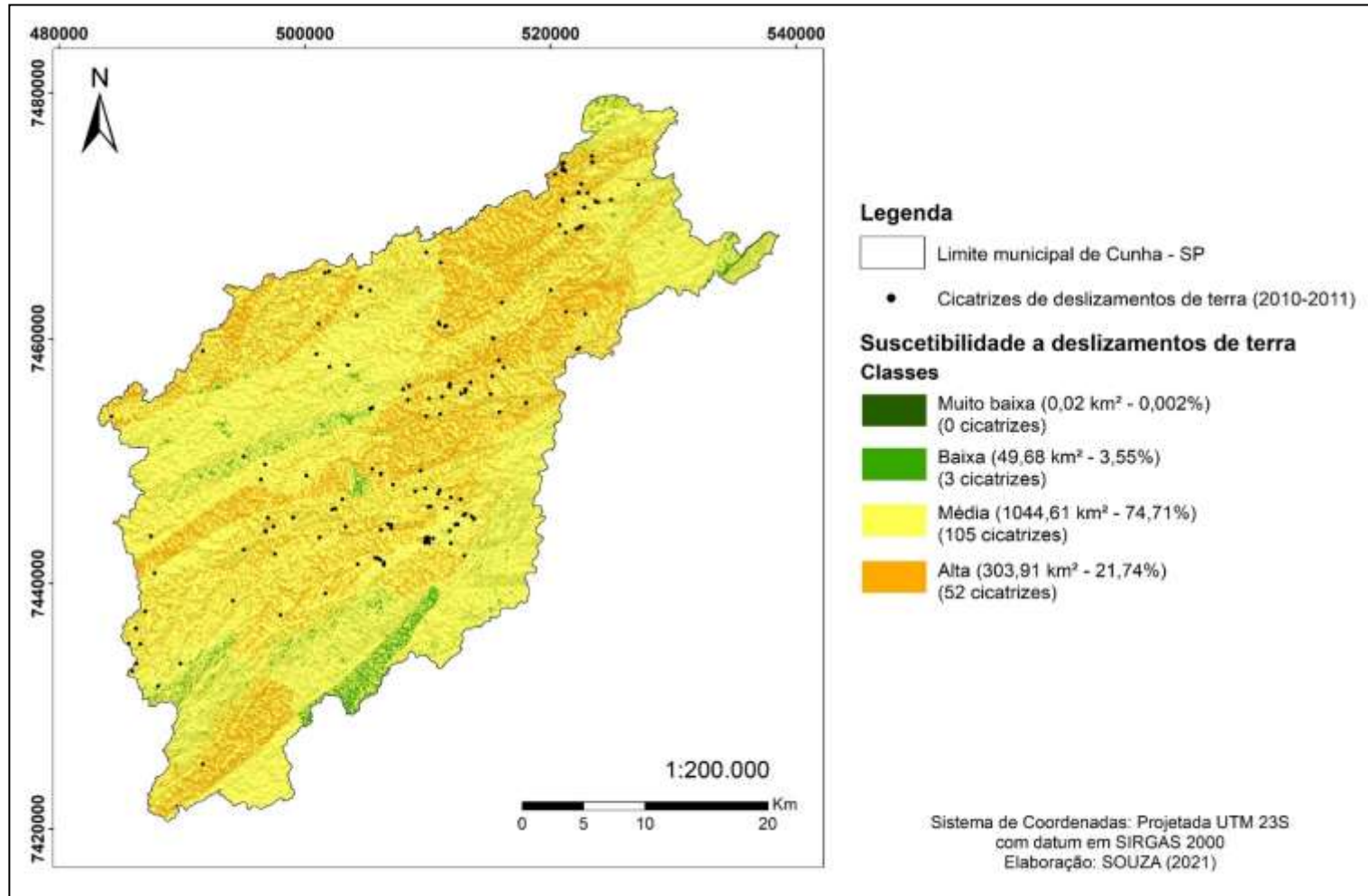
<b>Curvatura Vertical</b>		
<b>Classes</b>	<b>Cicatrizes</b>	<b>Pesos</b>
Muito côncava	106	0,66
Côncava	4	0,03
Retilínea	1	0,01
Convexa	3	0,02
Muito convexa	46	0,29

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, através do software ArcGIS® 10.8, e por intermédio da álgebra de mapas, aplicou-se a Equação 1, conforme indicado na seção “Metodologia” do presente Projeto.

A Figura 8, por fim, apresenta o mapa temático final da suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Cunha.

Figura 8 - Suscetibilidade a deslizamentos de terra do município de Cunha/SP para 2011



Fonte: Autoria própria.

Para melhor entendimento da ação de cada variável ambiental perante à suscetibilidade, calculou-se o Índice Médio Geral de Suscetibilidade (IMGS) das 160 cicatrizes. Assim, o IMGS calculado foi de “0,57”, e o maior valor obtido para as cicatrizes foi de “0,68”. A Tabela 10 apresenta o índice médio para cada variável dentre os 160 pontos de cicatrizes.

Tabela 10 - Índices de Suscetibilidade das 160 cicatrizes para cada classe de variável ambiental do município de Cunha/SP para 2011

Pedologia	Litologia	UCS	Declividade	Curvatura Horizontal	Curvatura Vertical
0,57	0,48	0,61	0,56	0,51	0,70
IMGS (ÍNDICE MÉDIO GERAL DE SUSCETIBILIDADE): <b>0,57</b>					

Fonte: Aatoria própria.

## 5. DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta os tipos de solo do município de Cunha, se referindo à variável ambiental “pedologia”. Observa-se que a tipagem preponderante trata-se dos “Cambissolos Háplicos” com parcela de “Latossolo Amarelo/Vermelho-Amarelo” (49,57% da área municipal), com a ocorrência de 83 cicatrizes de deslizamentos de terra. Os Cambissolos ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, muito encontrados em regiões serranas ou montanhosas (IBGE, 2007). Estes tipos de solos são compostos por material mineral de baixo gradiente textural entre seus horizontes, sendo pouco desenvolvidos quando comparados aos Latossolos. São rasos e de elevada erodibilidade, normalmente não permitindo um uso intensivo, podendo ocorrer erosões laminares até sulcos e voçorocas, expondo em um período curto seu subsolo (EMBRAPA, 2003 *apud* TEIXEIRA, 2019). Desta forma, devido à sua fragilidade, estes tipos de solo são importantes na investigação de possíveis novos desastres naturais no município.

A Figura 3 apresenta o mapa referente à variável ambiental “litologia”, sendo a “Biotita gnaisse” a classe mais preponderante, ocupando 35,06% da área do município (com o registro de 61 cicatrizes de deslizamentos de terra). No

município de Cunha ocorrem, basicamente, dois grandes grupos litológicos do embasamento cristalino (rochas migmatíticas e graníticas), além de sedimentos recentes (Quaternário) (NETO, 2010). A biotita gnaisse é a rocha metamórfica essencialmente formada por quartzo e feldspato em presença do mineral silicato do grupo das micas (biotita) e derivado de processos de metamorfismo de rochas ígneas e rochas sedimentares, culminando em rochas migmatíticas. Migmatitos são a mistura de fácies de rochas metamórficas, onde pelo menos um componente é representado por material granítico. Por assim dizer, o entendimento dos zoneamentos geológico-geotécnicos são ferramentas úteis na prevenção de desastres naturais, ao passo que indicam áreas impróprias para a ocupação urbana (MONTANDON, 2017).

A Figura 4 revela a variável ambiental “uso e cobertura do solo”. Percebe-se que a área construída do município, que envolve tanto ocupação antrópica no perímetro rural quanto na área urbana, é bem pequena em relação à sua área total (0,19%). Porém, as atividades como a “Pastagem e/ou agricultura” ocupam a segunda classe mais preponderante da área total do município (32,82%), com 55 cicatrizes de deslizamentos de terra, perdendo apenas para a área de “Floresta”, com 59,57%, onde foram levantadas 82 cicatrizes. A maior parcela das cicatrizes identificadas em área de floresta pertence à área de transição entre floresta e pastagem. Uma vez que a pastagem é responsável por grande parte do desmatamento e exposição do solo uma vez que aumenta a densidade do solo e a taxa de erosão, induzindo a formação de sulcos e ravinas através do escoamento superficial inadequado (EVANS, 1998 *apud* DIAS, 2011), é possível entender que a alta fragilidade destas áreas de transição propiciou a ocorrência destes eventos. É importante ressaltar que tal mapa é referente ao ano de 2011. Algumas classes, sobretudo a atividade agropastoril pode ter avançado sobre áreas antes de floresta, intensificando a problemática da ocorrência de novos deslizamentos de terra.

A partir da matriz de confusão realizada para a variável “Uso e cobertura do solo”, foi possível mensurar a qualidade da classificação, em outras palavras, o quão confiáveis são as representações realizadas na classificação (COHEN, 1960). O Índice Kappa, por sua vez, é associado à qualidade da classificação,

variando de 0 (péssimo) a 1 (excelente) (LANDIS e KOCH, 2017). Diante do exposto, a acurácia global obtida pela matriz de confusão apresentou um resultado de 98,93%, enquanto o Índice Kappa foi de 98,13%. A Acurácia do Produtor (AP) revelou que 100% dos pixels de referência das classes “Eucalipto”, “Floresta”, “Pastagem e/ou Agricultura” e “Área Urbana” foram corretamente classificados. Já em relação à Acurácia do Usuário (AU) há 100% de confirmação que os dados de “Água”, “Eucalipto”, “Floresta” e “Área Urbana” sejam validados em campo. É importante salientar, que embora os índices tenham revelado a assertividade nos dados coletados, a escolha da amostragem é a etapa essencial, uma vez que o algoritmo irá validar os resultados a partir dos dados de referência, devendo, portanto, escolher amostras que se tenha certeza da real classe a que pertencem.

A declividade é um dos fatores ligados às condições de instabilidade de encostas. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de deslocamento de material (LOPES *et al.*, 2011 *apud* RODRIGUES, 2013). A Figura 5 refere-se à esta variável ambiental e revela que a maioria do município se encontra na faixa de 12,00 até 30,00% de inclinação (50,72%), onde foram registradas 58 cicatrizes, seguido de 28,27%, com inclinação na faixa de 30,00 a 47% com 67 cicatrizes de deslizamentos de terra. Ressalta-se que a Lei Federal nº 6.766/1979 não permite a ocupação em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes (BRASIL, 1979). Já as áreas com declividade superior a 47% não devem ser ocupadas tanto em meio urbano quanto rural (PRIETO *et al.*, 2017 *apud* TEIXEIRA, 2019). Desta forma, nota-se que existem moradias no município de Cunha que não obedecem a essas leis, sendo enquadradas em setores de risco e estando mais propensos a deslizamentos de terra. Além disto, segundo Gerzsenyi e Albert (2021), a incidência de deslizamentos de terra ocorre principalmente para declividades com inclinação de 7° (12% na conversão), diminuindo sua incidência a partir deste valor, sendo que para declividades maiores do que 26° (aproximadamente 47%) a incidência cai consideravelmente, concatenando, portanto, com os resultados obtidos no presente Projeto.

As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, as curvaturas horizontal e vertical, podendo-se notar que para o município de Cunha as maiores parcelas são correspondentes às classes “Muito divergente”, com 35,06% da área total do município, e “Muito côncava”, com 52,12%. Como medidas de concentração do escoamento superficial, as curvaturas são variáveis importantes relacionadas a problemas urbanos associados ao mapeamento de possíveis áreas de desastres naturais deflagrados por fatores hidrológicos (VALERIANO, 2008).

Em relação à Figura 8, pode ser observado que em uma área total de aproximadamente 1400,00 km<sup>2</sup> do município de Cunha, apenas 0,02 km<sup>2</sup> se encontraram na faixa de “Muito baixa” suscetibilidade. Nesta faixa, nenhuma cicatriz foi identificada. Para a classe “Baixa”, 3 cicatrizes foram identificadas, em uma área total de 49,68 km<sup>2</sup>. Na faixa de suscetibilidade “Média”, 1044,61 km<sup>2</sup> foram verificados, representando 74,71% do município, e com 105 cicatrizes; enquanto 303,91 km<sup>2</sup> (21,74%), estiveram pertencentes a suscetibilidade “Alta”, com 52 cicatrizes identificadas.

Foi possível observar também, que os valores de suscetibilidade variaram entre a faixa de “0,14 – 0,69”. Conforme a modelagem de Silva (2014), os valores estão pertinentes, onde para valores maiores ou iguais a “0,70”, com a ocorrência de chuvas, poderão ocorrer eventos de deslizamentos.

A variável ambiental preponderante para a ocorrência de cicatrizes de deslizamentos de terra em Cunha foi a de “Curvatura Vertical”, com um Índice Médio de “0,70”. Uma vez que a curvatura vertical é entendida como a segunda derivada da altitude, descrita como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância, esta variável está diretamente relacionada a processos de acúmulo de matéria através da superfície, principalmente a água, por decorrência da gravidade. Assim, ela atua no equilíbrio da pedogênese/morfogênese, e influencia a distribuição local do regime hídrico. Desta maneira, a distribuição da curvatura vertical apresenta forte relação com mapas pedológicos e geológicos (VALERIANO, 2008).



Por assim dizer, é possível aferir a alta correlação entre as variáveis ambientais no município de Cunha, principalmente no que diz respeito à relevância da “Curvatura Vertical”. Uma vez que tal variável interfere diretamente na distribuição local do regime hídrico, é essencial investigar a precipitação ocorrida e a que possivelmente ocorrerá na área de estudo para o cálculo da vulnerabilidade, a fim de se avaliar as áreas passíveis de deslizamentos de terra, visto que o município possui forte tendência à ocorrência destes tipos de desastres.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do levantamento das variáveis ambientais do município de Cunha/SP, foi possível verificar a vasta diversidade de características presentes na área. Através dos resultados apresentados foi possível entender o porquê de a área do município ser passível de estudos ambientais: é uma área de alta importância de conservação ambiental, e possui também propriedades capazes de caracterizar uma potencial área sujeita a deslizamentos de terra.

A “Pedologia” do município revelou certa fragilidade na maior porção de solo do município; a “Litologia” apresentou diversas classes importantes para um estudo de zoneamento geológico-geotécnico; o “Uso e Cobertura do Solo” revelou como as ações antrópicas ter interferido nas áreas do município, com grande avanço da exposição do solo devido à pastagem; e as “Curvatura Horizontal” e “Curvatura Vertical” demonstraram algumas características do escoamento superficial da área, podendo culminar em deslizamentos de terra.

Quanto à investigação das cicatrizes de deslizamento de terra, foi possível observar que a maioria se concentrou em áreas com pedologia característica de Cambissolos; em biotita gnaisse na litologia; em uso e ocupação do solo de áreas de transição de floresta para pastagem e/ou agricultura; para declividades de 12,00 a 30,00% e curvaturas muito côncavas e muito convergentes. A variável ambiental preponderante para a ocorrência destes eventos foi a “Curvatura Vertical”, uma importante variável responsável por participar no acúmulo de matéria pela gravidade e que atua na distribuição do

regime hídrico de determinada região. A suscetibilidade do município de Cunha deu em sua maior parcela, como sendo média, abaixo do valor de “0,70”, onde pela literatura, são valores críticos e deflagradores de eventos de deslizamentos de terra.

Sendo assim, analisando-se as classes de variáveis do município de Cunha, as cicatrizes de deslizamentos de terra lá ocorridos, e seu mapa final de suscetibilidade, pode-se notar a relevância de suas características geomorfológicas, físicas e ambientais, reforçando a ideia de que se trata de uma área extremamente significativa ao estudo de suscetibilidade e de vulnerabilidade a deslizamentos de terra, tanto pela importância econômica; social, no que se refere aos seus habitantes; quanto ambiental, relacionado as áreas de conservação ambiental.

Conhecer as áreas suscetíveis e vulneráveis do município de estudo a deslizamentos de terra serão de grande valia para a comunidade científica, defesas civis e o poder público a níveis municipal, estadual e federal, bem como aos centros de pesquisas e demais instituições que trabalham na prevenção, monitoramento e previsão desse tipo de desastre. Os resultados a serem obtidos neste Projeto também trarão grandes possibilidades de eximir a sociedade e o poder público de perdas humanas, econômicas e ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ANA. **Agência Nacional de Águas. Paraíba do Sul**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/paraiba-do-sul-saiba-mais>> Acesso em: 26 jul. 2021.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19dez. 1979. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm)>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- COHEN, J.A., 1960. **Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement**. 20, 37-46.
- Congalton, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, 37, 35-46. 1991.

CORDERO, A.; et al. **Estudo da precipitação máxima diária para Blumenau-SC e o evento de novembro de 2008**. Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, Brasil, 2009.

DIAS, W. A.; THOMAZ, E. L. **Avaliação dos efeitos do pastoreio sobre a erosão em margens de canal fluvial em sistema de faxinal**. Sociedade & Natureza, n. 23, p.23-35, abr. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sn/v23n1/03.pdf>> Acesso em: 27 jul. 2021.

HOGAN, D. J. **Urban Growth, Vulnerability and Adaptation: Social and ecological dimensions of climate change on the Coast of São Paulo**. Projeto de Pesquisa aprovado pelo Programa FAPESP em Mudanças Climáticas Globais. Campinas, 2009.

GERZSENYI, D.; ALBERT, G. **Landslide inventory validation and susceptibility mapping in the Gerecse Hills**, Hungary. Geo-spatial Information Science. 1-11. (2021). 10.1080/10095020.2020.1870872.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Manuais técnicos em geociências, nº 4, 2a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316p.

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>> Acesso em: 26 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cunha/panorama>> Acesso em: 26 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **População em áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro. 2018.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Vítimas de deslizamentos**.

**Levantamento do IPT de mortes causadas por deslizamentos**. 01.02.2017.

Disponível em: [http://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=1190](http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1190) . Acesso em: 27 jul. 2021.

LANDIS, J.R, KOCH, G.G., 1977. **The measurement of observer agreement for categorical data**. Biometrics 33, 159-174.

MONTANDON, L. F. **Avaliação da influência da escala do mapa litológico nos modelos de suscetibilidade a escorregamentos, no município de Caeté (MG), utilizando métodos estatísticos**. Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Engenharia Geotécnica do Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Área de concentração em Gestão de Riscos em Geotecnia e Desastres Naturais. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG. Brasil. 2017. Disponível em: <[http://nugeo.ufop.br/uploads/nugeo\\_2014/teses/arquivos/dissertacao-avaliacaoinfluenciaescala.pdf](http://nugeo.ufop.br/uploads/nugeo_2014/teses/arquivos/dissertacao-avaliacaoinfluenciaescala.pdf)> Acesso em: 27 jul. 2021.

LIMA, R. L. **Avaliação do algoritmo SVM na detecção de comportamentos suspeitos em cenas de vídeo**. 2014. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

MOURA, I. F. M. S. **Simulação e avaliação de incisões cirúrgicas com realidade virtual**. 2017. 171 f. Dissertação (Mestrado em Modelos de Decisão e Saúde)- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Projeto PDA 094-MA. VIVER NA MATA ATLÂNTICA: **Recuperação de Matas Ciliares junto a Agricultores Familiares da Estância Climática de Cunha – SP**. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8140-sp-cunha.html>> Acesso em: 26 jul. 2021.

NAE - NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. (2005). **Mudança do Clima**. Brasília: NAE, Secretaria do Governo e Gestão Estratégica.

NETO, M. R. A. **Levantamento e caracterização do meio físico para elaboração da compartimentação geomorfológica e subsídio para o planejamento ambiental para o município de Cunha**. 2010. 47 f. TCC (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade de Campinas, Campinas, 2010.

PECC. Prefeitura da Estância Climática de Cunha. **A cidade**. Disponível em: <http://www.cunha.sp.gov.br/a-cidade/> . Acesso em: 10 jul. 2021.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Universidade de Santa Maria. Santa Maria – RS. Brasil. 2007. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes\\_06-11/BernadeteReckziegel.pdf](http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/BernadeteReckziegel.pdf)> Acesso em: 26 jul. 2021.

RODRIGUES, C. de S. **Mapeamento de suscetibilidade a escorregamentos de Nova Friburgo - RJ por meio de inferência fuzzy e elaboração de cenários de alerta com uso do TerraMA2**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. v.1. 118p.

ROSA FILHO, A.; CORTEZ, A. T. C. **Problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira”**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2010.

SEADE. Fundação Seade. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo. **Perfil dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <http://www.perfil.seade.gov.br/> . Acesso em: 27 jul. 2020.

SILVA, L. T. da. **Vulnerabilidade ao escorregamento de terras - Estudo de caso: Bacia do Rio Bengalas, 2011**. 2014. 248 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) - Universidade de Évora, Évora-Portugal, 2014.

TEIXEIRA, D. L. S. **Mapeamento e análise socioambiental de áreas de suscetibilidade a escorregamentos de terra no município de Campos do Jordão**

(SP). 2019. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

TERRA. **Mortes por causa da chuva em São Paulo chegam a 10**. Cidades. Terra Networks Brasil S.A. 2010. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/mortes-por-causa-da-chuva-em-sao-paulo-chegam-a-10,d418a21a4572b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>>. Acesso em: 26 jul. 2020.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TONIAZZO, F. et al. **Escorregamento de solos na região oeste do Estado de Santa Catarina: Consequências sócio-ambientais**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 1, n. 7, p. 397-417, jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018397-417>. Acesso em: 26 jul. 2020.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p.