

# TOPOTRAIL: DESENVOLVIMENTO DE UM PLUGIN BASEADO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DELIMITAÇÃO DE TRILHAS E ÁREAS DE COLETA POTENCIAIS EM AMBIENTES MONTANHOSOS COM APLICAÇÃO NA RPPN GIGANTE DO ITAGUARÉ (CRUZEIRO, SP)

**Luan da Silva Cortes Maciel**

luan.maciel.aluno@jbrj.gov.br

ENBT/JBRJ

**Resumo:** O presente trabalho descreve o desenvolvimento e aplicação do plugin TopoTrail, uma ferramenta para o software QGIS 3.40+ voltada à delimitação automatizada de zonas de acessibilidade em ambientes montanhosos. A metodologia baseia-se em análise multicritério de variáveis topográficas derivadas de Modelos Digitais de Elevação (altitude, declividade e curvaturas horizontal e vertical), por meio de reclassificação binária, lógica booleana (AND) e poligonização. A ferramenta foi aplicada na RPPN Gigante do Itaguaré (Cruzeiro, SP), gerando inicialmente mais de 88 mil feições vetoriais representando microzonas aptas ao deslocamento humano. Após o recorte para os limites da RPPN, esse conjunto foi refinado para análise local. O desenvolvimento integrou técnicas de Sistemas de Informação Geográfica e Inteligência Artificial, com suporte técnico baseado em grandes modelos de linguagem. Os resultados indicam aplicabilidade promissora para planejamento logístico, pesquisa ecológica e conservação em áreas de relevo acidentado.

**Palavras Chave:** geoprocessamento - Serra da Mantiqueira - Modelo digital - SIG - Analise espacial

## 1. INTRODUÇÃO

A logística de acesso em ambientes de relevo acidentado representa um desafio persistente para pesquisadores, gestores ambientais e equipes técnicas que atuam em unidades de conservação de montanha. Em tais contextos, a escolha inadequada de trajetos pode resultar em riscos à integridade física, degradação do solo e ineficiência operacional. Nesse cenário, ferramentas baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) oferecem soluções robustas para o planejamento espacial e a otimização de deslocamentos, especialmente quando fundamentadas em critérios topográficos derivados de Modelos Digitais de Elevação (MDE) (Xiong et al. 2022; Safanelli et al. 2020).

Entre os atributos mais utilizados na análise de terreno destacam-se a altitude, a declividade e a curvatura, cuja extração e interpretação têm sido amplamente aplicadas na modelagem de suscetibilidade a processos erosivos (Tamene et al. 2017), na identificação de áreas de risco (Wang et al. 2017), no planejamento de trilhas (Tomczyk & Ewertowski 2013) e na análise de acessibilidade ecológica (Medrano 2021). A integração desses fatores em análises multicritério possibilita a geração de zonas de interesse com base na sobreposição ponderada de camadas raster, método já consolidado na literatura geoespacial (Malczewski 2006; Gelan 2021).

Embora existam soluções comerciais e acadêmicas para essas análises, muitas carecem de interface amigável, personalização de parâmetros e compatibilidade com fluxos de trabalho de código aberto. Em resposta a essas limitações, foi desenvolvido o plugin TopoTrail, uma ferramenta para QGIS 3.40+ que automatiza o processo de cruzamento de variáveis topográficas com pesos atribuíveis, operando de forma modular e transparente para o usuário. Seu diferencial está na capacidade de integrar múltiplos critérios raster de maneira intuitiva, possibilitando análises adaptadas a diferentes contextos geográficos. A ferramenta foi concebida para atender a demandas específicas de planejamento logístico em campo, especialmente voltadas à pesquisa ecológica, ao monitoramento em unidades de conservação e ao uso de ferramentas de inteligência artificial como suporte técnico ao processo de desenvolvimento do plugin, especialmente para geração de código, depuração de erros e validação de lógica computacional.

Dessa forma, este trabalho contribui com uma ferramenta inédita, personalizável e acessível, que pode auxiliar diretamente na logística de campo. Para fins de teste e validação acadêmica, o plugin pode ser disponibilizado sob solicitação. O presente artigo apresenta o processo de desenvolvimento e validação do plugin TopoTrail, descrevendo sua estrutura computacional, lógica de análise, parâmetros utilizados e um estudo de caso aplicado na RPPN Gigante do Itaguaré (Cruzeiro, SP), unidade representativa da Serra da Mantiqueira com forte heterogeneidade altitudinal e desafios logísticos típicos de ambientes montanhosos. Também são discutidas suas contribuições para a democratização de ferramentas geoespaciais em contextos de conservação e pesquisa de campo, reforçando a importância da integração entre ciência de dados, SIG e ecologia aplicada.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A aplicação e validação do plugin TopoTrail foram realizadas na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Gigante do Itaguaré, situada no município de Cruzeiro, estado de São Paulo, Brasil. Localizada na Serra da Mantiqueira, a unidade apresenta um gradiente altitudinal expressivo (1.290–2.315 m), com vegetação típica de mata atlântica de altitude,

campos rupestres e afloramentos rochosos. A combinação entre clima úmido, relevo acidentado e alto grau de endemismo biológico torna a região uma área prioritária para estudos ecológicos e conservação.

### 3.2. DADOS TOPOGRÁFICOS

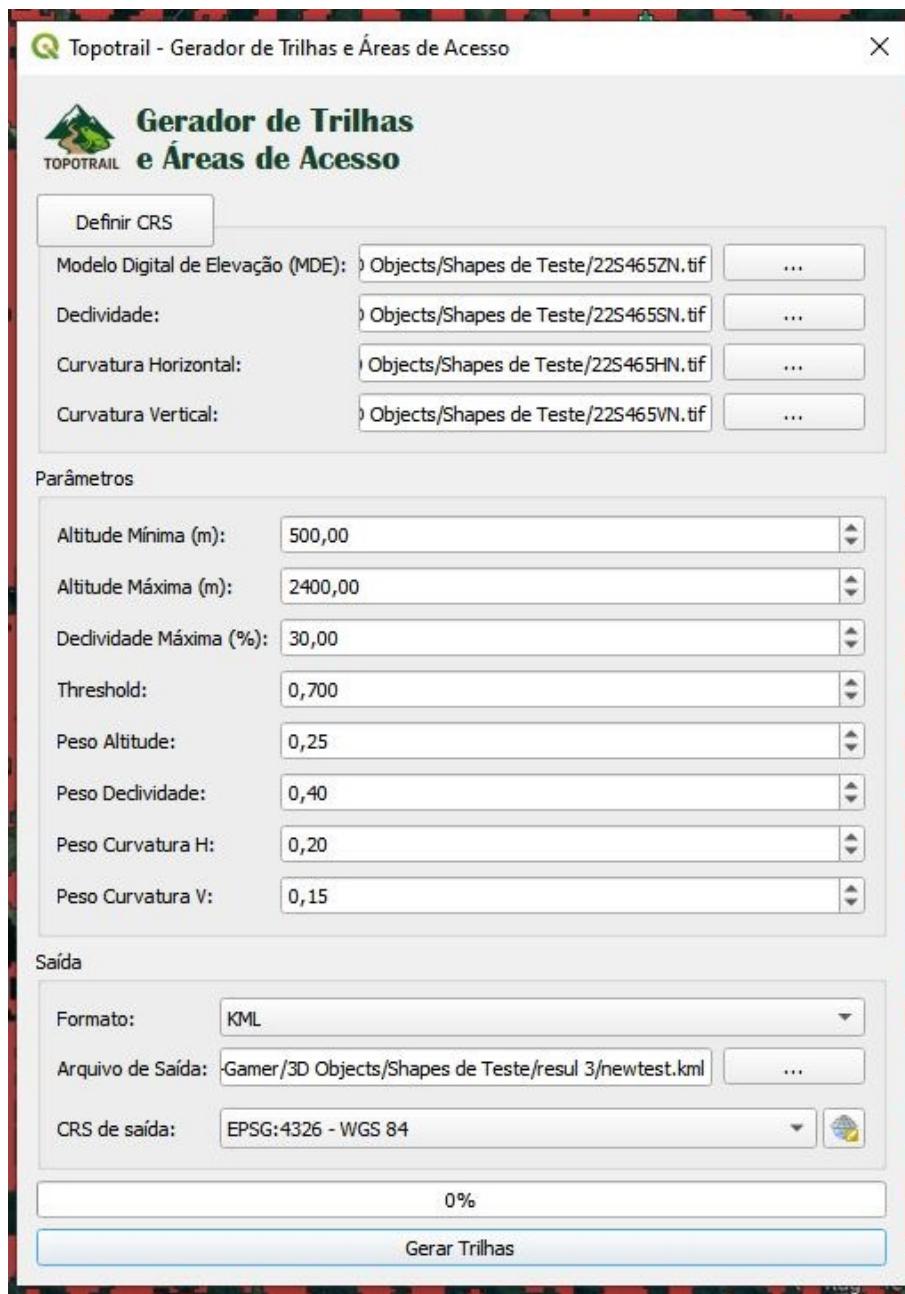
Os dados topográficos utilizados no estudo foram obtidos a partir dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 30 metros. Esses dados foram baixados no formato GeoTIFF a partir da plataforma oficial do USGS Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), abrangendo a área da RPPN Gigante do Itaguaré. As quadriculações utilizadas incluem:

- 22S465ZN.tif – Altitude
- 22S465HN.tif – Curvatura horizontal
- 22S465VN.tif – Curvatura vertical
- 22S465DN.tif – Declividade

As variáveis foram derivadas a partir de processamento com algoritmos nativos do QGIS (versão 3.40.7), usando ferramentas como r.slope.aspect, r.curvature e GDAL DEM processing tools. Todos os rasters foram reprojetados para o sistema SIRGAS 2000 UTM zona 23S para compatibilidade com o recorte espacial da RPPN Gigante do Itaguaré. O formato .tif foi mantido em 32 bits (float) para garantir fidelidade nos valores topográficos e evitar artefatos na binarização.

Conforme destacado por Xiong et al. (2022), a escolha de produtos SRTM de 30 m representa um bom equilíbrio entre cobertura regional e granularidade para aplicações em análise de relevo em unidades de conservação. Além disso, dados derivados de MDE SRTM têm ampla validação em estudos de planejamento territorial e análise de suscetibilidade a distúrbios (Wang et al. 2017; Safanelli et al. 2020).

### 3.3. LÓGICA COMPUTACIONAL E ESTRUTURA DO PLUGIN



**Figura 1:** Interface gráfica do plugin TopoTrail no QGIS 3.40+, com campos ajustáveis para critérios topográficos, pesos e formato de saída.

**Fonte:** Autor

O plugin foi desenvolvido utilizando a API do QGIS 3.40+ em linguagem Python 3.12, incorporando bibliotecas nativas como QgsRasterLayer, QgsProcessing, GDAL e Numpy. Seu núcleo analítico opera com base em uma análise multicritério do tipo WLC (Weighted Linear Combination), amplamente validada em estudos de ordenamento territorial e planejamento ambiental.

O algoritmo permite a entrada de até quatro camadas raster: altitude, declividade, curvatura horizontal e vertical. Cada variável passa por uma etapa de reclassificação binária, gerando máscaras raster (valores 0 e 1) com base nos limites definidos pelo usuário (por exemplo, declividade entre 0° e 25°). Essa abordagem está alinhada com métodos consolidados em modelagens de aptidão espacial, que destacam a eficiência da lógica booleana (AND) para interseção de critérios em ambientes raster.

As etapas do processamento são:

1. Importação das camadas raster de interesse;
2. Definição dos limites de aptidão para cada critério;
3. Reclassificação em máscaras binárias (0 = inapto, 1 = apto);
4. Cruzamento dos critérios com operação lógica AND;
5. Poligonização da camada resultante;
6. Exportação final para os formatos vetoriais suportados (SHP, GPKG, KML, GPX);
7. Seleção do sistema de referência espacial (CRS) de saída pelo usuário.

A estrutura do plugin foi concebida para operar de forma modular, evitando travamentos e garantindo compatibilidade com os processos nativos do QGIS. O tempo de processamento e a resolução da saída dependem diretamente da extensão e granularidade do raster de entrada.

Durante o desenvolvimento, foi empregada uma abordagem integrada com ferramentas de Inteligência Artificial (IA). Todo o código foi escrito e testado dentro do ambiente de desenvolvimento Cursor IDE, com workspace diretamente vinculado à pasta de plugins do QGIS, o que facilitou testes em tempo real com a interface da aplicação e validação de cada módulo. Para suporte técnico, utilizou-se o assistente ChatGPT-4 (OpenAI) como consultoria em programação Python, correção de erros, interpretação de logs e estruturação lógica para geoprocessamento. O uso combinado de IA e SIG reflete uma tendência crescente de ampliação do acesso e da autonomia no desenvolvimento de ferramentas científicas para conservação, com ganhos significativos de agilidade e confiabilidade. Como apontado por Isabelle e Westerlund (2022), o uso de soluções baseadas em IA tem o potencial de reduzir barreiras técnicas e ampliar a participação de diferentes atores no enfrentamento de desafios ambientais.

#### 4. RESULTADOS

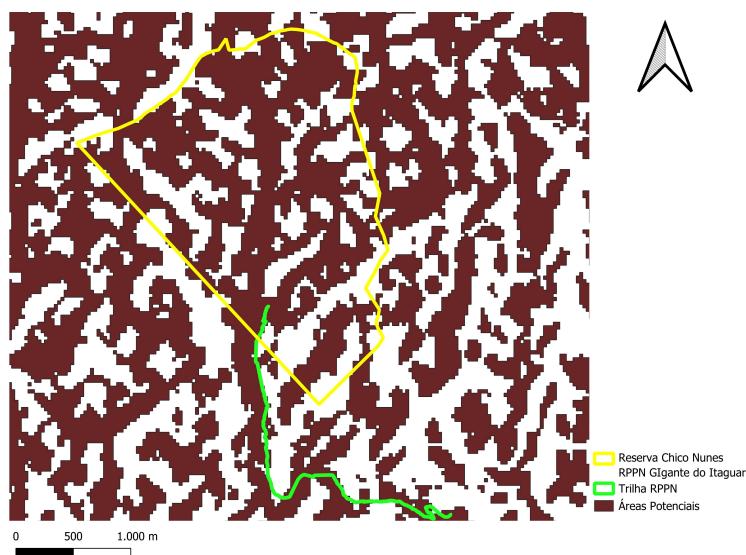
A aplicação do plugin TopoTrail sobre os dados topográficos da RPPN Gigante do Itaguaré, com os parâmetros: altitude mínima de 500 m, máxima de 2400 m, declividade máxima de 30%, threshold de 0,7, e pesos ponderados de declividade (0,40), altitude (0,25), curvatura horizontal (0,20) e curvatura vertical (0,15), resultou na geração de feições vetoriais classificadas como áreas aptas à circulação em terreno montanhoso. Os dados de saída foram exportados em formatos SHP e KML, no sistema de referência WGS84 (EPSG:4326), compatível com plataformas SIG e visualizadores geográficos.

A camada final inclui os atributos value (classificação binária da aptidão: 1 = apto) e area (área da feição em graus quadrados). A sobreposição booleana (AND) das máscaras binárias geradas a partir dos critérios topográficos favoreceu a seleção de áreas com declividade suave, altitudes intermediárias e curvatura próxima de zero ou levemente convexa, condições geralmente associadas a cristas, espigões e platôs suavemente inclinados,

ambientes reconhecidos na literatura por oferecerem menor resistência ao deslocamento em ambientes montanhosos (Tamene et al. 2017; Wilson et al. 2007; Jenness 2006).

Por outro lado, áreas planas localizadas em vales encaixados, frequentemente associadas a curvatura negativa elevada, foram amplamente excluídas, não por sua planicidade, mas por serem geomorfologicamente desfavoráveis apresentando encasulamento topográfico, risco de alagamento e baixa conectividade com o entorno (Digital Terrain Analysis Manual 2011; Malczewski 2006). Este comportamento reforça a lógica do modelo multicritério adotado, cuja filtragem exige que todas as condições estejam simultaneamente satisfeitas para que uma célula seja considerada apta.

Uma limitação importante detectada foi a exclusão de rotas tradicionalmente utilizadas por montanhistas, como a travessia Marins–Itaguaré, que não foi representada na saída binária. Isso ocorre porque trechos dessa trilha apresentam declividades locais superiores a 30%, presença de cristas técnicas com exposição e, muitas vezes, ausência de caminhos lineares contínuos, o que ultrapassa os critérios definidos no modelo. Tais exclusões, longe de caracterizarem uma falha, refletem as restrições impostas para priorizar segurança e viabilidade logística para caminhadas não técnicas, com base em análise morfométrica pura (Tamene et al. 2017; Malczewski 2006).



**Figura 1:** Mapa das áreas potenciais geradas pelo plugin TopoTrail na RPPN Gigante do Itaguaré (Cruzeiro, SP), com sobreposição das trilhas conhecidas e limites das reservas. As áreas em marrom indicam zonas aptas segundo os critérios topográficos utilizados (threshold  $\geq 0,7$ ).

**Fonte:** Autor

Antes da poligonização final, os valores normalizados de cada critério topográfico (altitude, declividade, curvatura horizontal e curvatura vertical) foram combinados por meio de uma soma ponderada, de acordo com os pesos definidos pelo usuário (declividade: 0,40; altitude: 0,25; curvatura horizontal: 0,20; curvatura vertical: 0,15). O resultado é um raster contínuo de aptidão, com valores entre 0 e 1, representando a adequação relativa de cada célula para deslocamento em terreno montanhoso. Para fins de seleção das zonas de maior potencial logístico, foi aplicado um threshold fixo de 0,7, de modo que apenas as células com escore igual ou superior a esse valor foram convertidas em feições vetoriais. Essa abordagem

híbrida baseada na análise multicritério e na reclassificação final permite flexibilidade na definição do nível de exigência desejado para a seleção das rotas, ainda que não represente uma lógica booleana pura.

O uso de um threshold fixo de 0,7 foi eficaz para restringir áreas de baixa aptidão, mas pode ter deixado de contemplar regiões com scores intermediários, que embora não ideais, poderiam ser viáveis dependendo do objetivo do trajeto (Malczewski 2006; Gelan et al. 2021). Nesse sentido, sugere-se que ajustes futuros do threshold ou o uso de mapas contínuos de aptidão permitam maior flexibilidade na seleção de rotas com diferentes níveis de exigência física. Por fim, a proposta de incluir critérios complementares como cobertura vegetal, distância a corpos d'água e proximidade de infraestruturas existentes (estradas, trilhas) já foi consolidada em outros modelos de acessibilidade em áreas naturais (Gelan et al. 2021; Medrano et al. 2021). Essas camadas poderiam aprimorar a especificidade do modelo e torná-lo mais aderente à realidade de campo, em especial quando o objetivo for planejar rotas operacionais para atividades de monitoramento, pesquisa ou turismo ecológico.

## 5. DISCUSSÃO

O desenvolvimento e aplicação do plugin TopoTrail demonstram o potencial de ferramentas geoespaciais de código aberto para atender demandas específicas de planejamento logístico em ambientes montanhosos, especialmente dentro de unidades de conservação com acesso restrito ou relevo acidentado. A geração automatizada de zonas de acessibilidade a partir de dados topográficos e análise multicritério permitiu a delimitação de áreas compatíveis com deslocamento humano, servindo como subsídio para o traçado de trilhas, planejamento de campanhas de coleta e minimização de impacto ambiental.

A abordagem adotada, baseada na lógica booleana (AND) e reclassificação binária de critérios, apresentou vantagens operacionais claras, como agilidade de execução, modularidade de parâmetros e transparência na estrutura decisória aspectos frequentemente negligenciados em ferramentas de uso restrito ou licenciamento proprietário. Essa estratégia está em consonância com práticas consolidadas na literatura de análise de aptidão espacial (Malczewski 2006; Tomczyk & Ewertowski 2013; Gelan 2021).

Os resultados indicam que a metodologia é funcional para aplicações exploratórias e operacionais, mas sua precisão espacial ainda é limitada pela resolução dos dados de entrada (30 m) e pela ausência de métricas de conectividade espacial entre feições geradas. Essa fragmentação, embora biologicamente coerente com o relevo compartimentado da Serra da Mantiqueira (Santos-Pereira & Rocha 2025), compromete a aplicabilidade direta no campo sem etapas adicionais de filtragem e generalização.

A proposta de incorporar filtros de área mínima e algoritmos de caminho ótimo, como least-cost path, aparece como um desdobramento natural para futuras versões do TopoTrail, com potencial de gerar rotas contínuas e otimizadas (Wang et al. 2017). Da mesma forma, a inclusão de critérios temáticos como uso e cobertura do solo, presença de corpos hídricos, distâncias a trilhas já existentes ou declividades relativas acumuladas pode expandir o escopo da ferramenta para análises mais complexas e voltadas à conservação, manejo ou turismo de base ecológica (Medrano 2021; Gelan 2021).

O uso combinado do ambiente Cursor IDE, com testes locais automatizados, e da consultoria por meio do ChatGPT-4, viabilizou um processo de codificação iterativo, com correções em tempo real e refinamento da lógica computacional. Tal integração ilustra a tendência emergente de uso de IA como ferramenta de apoio à pesquisa aplicada, diminuindo

barreiras técnicas e ampliando a autonomia de pesquisadores na criação de soluções digitais (Isabelle & Westerlund 2022).

## 6. CONCLUSÃO

O plugin demonstrou-se uma ferramenta eficaz e acessível para a delimitação automatizada de zonas de acessibilidade em áreas montanhosas, a partir de critérios topográficos derivados de Modelos Digitais de Elevação. Sua arquitetura modular e interface simplificada permitem ampla adaptação a diferentes contextos de uso, especialmente em unidades de conservação que demandam planejamento logístico baseado em evidências espaciais.

Os testes realizados na RPPN Gigante do Itaguaré indicaram que a metodologia é capaz de identificar microzonas aptas ao deslocamento humano com base em altitude, declividade e curvatura do terreno, oferecendo suporte concreto à logística de campo em regiões de difícil acesso. Ainda que limitada pela resolução dos dados e ausência de conectividade entre feições, a abordagem se mostra promissora para aplicações práticas e pode ser aprimorada com a integração de novos critérios e filtros espaciais.

A adoção de ferramentas de Inteligência Artificial como apoio ao desenvolvimento computacional representou um diferencial metodológico importante, reduzindo o tempo de codificação, facilitando a depuração de erros e ampliando a autonomia no processo de criação. Nesse sentido, o TopoTrail também se destaca como exemplo de como SIG, ciência de dados e IA podem convergir na produção de soluções técnicas voltadas à conservação e à pesquisa ecológica.

## 7. REFERÊNCIAS

- CARRARA, A.; GUZZETTI, F. (1995).** GIS technology in mapping landslide hazard. In: CARRARA, A.; GUZZETTI, F. (eds.) *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 135–175.
- FLORINSKY, I. V. (2017).** *Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology*. 2<sup>a</sup> ed. Academic Press, Amsterdam. 486 p.
- GELAN, E. (2021).** GIS-based multi-criteria analysis for sustainable urban green spaces planning in emerging towns of Ethiopia: the case of Sululta town. *Environmental Systems Research*, 10: 13.
- HENGL, T.; REUTER, H. I. (2008).** *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Elsevier, Amsterdam. 772 p.
- ISABELLE, D. A.; WESTERLUND, M. (2022).** A review and categorization of artificial intelligence-based opportunities in wildlife, ocean and land conservation. *Sustainability*, 14(4): 1979.
- MALCZEWSKI, J. (2006).** GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7): 703–726.
- MEDRANO, F. A. (2021).** Effects of raster terrain representation on GIS shortest path analysis. *PLOS ONE*, 16(4): e0250106.
- MITASOVA, H.; HOFIERKA, J.; ZLOCHA, M.; IVERSON, L. R. (1996).** Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5): 629–641.

**SAFANELLI, J. L.; POPPIEL, R. R.; RUIZ, L. F. C.; BONFATTI, B. R.; MELLO, F. A. O.; DEMATTÉ, J. A. M. (2020).** Terrain analysis in Google Earth Engine: a method adapted for high-performance global-scale analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6): 400.

**TAMENE, L.; ADIMASSU, Z.; AYNEKULU, E.; YAEKOB, T. (2017).** Estimating landscape susceptibility to soil erosion using a GIS-based approach in Northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(1): 56–64.

**TITTI, G.; SARRETTA, A.; LOMBARDO, L.; CREMA, S.; PASUTO, A.; BORGATTI, L. (2022).** Mapping susceptibility with open-source tools: a new plugin for QGIS. *Frontiers in Earth Science*, 10: 842425.

**TOMCZYK, A. M.; EWERTOWSKI, M. (2013).** Planning of recreational trails in protected areas: application of regression tree analysis and geographic information systems. *Applied Geography*, 40: 129–139.

**WANG, F.; XU, P.; WANG, C.; WANG, N.; JIANG, N. (2017).** Application of a GIS-based slope unit method for landslide susceptibility mapping along the Longzi River, Southeastern Tibetan Plateau, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(6): 172.

**WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (2000).** *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, New York. 479 p.

**XIONG, L.; LI, S.; TANG, G.; STROBL, J. (2022).** Geomorphometry and terrain analysis: data, methods, platforms and applications. *Earth-Science Reviews*, 233: 104191.

**ZUMBRO WATERSHED PARTNERSHIP (2014).** *Digital Terrain Analysis Manual*. Zumbro River Watershed Restoration Prioritization Project, Minnesota. Disponível em: <https://www.lccmr.mn.gov/projects/2010-index.html>.

## APENDICE I

O plugin TopoTrail foi desenvolvido em Python, utilizando a API do QGIS 3.40+ e bibliotecas como GDAL, NumPy, GeoPandas e PyQt. A seguir, apresentam-se trechos representativos de sua estrutura, com comentários explicativos.

### Leitura do raster de entrada

```
def read_raster(raster_path, feedback=None):
    dataset = gdal.Open(raster_path)
    if dataset is None:
        raise Exception(f"Não foi possível abrir o raster: {raster_path}")

    band = dataset.GetRasterBand(1)
    array = band.ReadAsArray().astype(np.float32)

    nodata = band.GetNoDataValue()
    if nodata is not None:
        array[array == nodata] = np.nan
    return array, dataset.GetGeoTransform(), dataset.GetProjection()
```

Lê um raster e retorna um array NumPy com transformações e projeções; trata valores nulos como NaN.

### Reclassificação binária por critério

```
def apply_threshold(array, threshold, invert=False):
    if invert:
        return (array < threshold).astype(np.uint8)
    else:
        return (array >= threshold).astype(np.uint8)
```

Aplica um limiar para gerar uma máscara binária (0 ou 1), com possibilidade de inversão lógica.

#### Combinação booleana entre critérios

```
def combine_masks(*masks):
    result = np.ones_like(masks[0])
    for mask in masks:
        result = result & mask
    return result
```

Realiza operação lógica AND entre múltiplas máscaras binárias, mantendo apenas os pixels válidos em todos os critérios.

#### Poligonização e exportação

```
def polygonize(array, geotransform, projection, output_path):
    temp_raster = "/tmp/temp_mask.tif"
    driver = gdal.GetDriverByName("GTiff")
    out_ds = driver.Create(temp_raster, array.shape[1], array.shape[0], 1,
gdal.GDT_Byte)
    out_ds.SetGeoTransform(geotransform)
    out_ds.SetProjection(projection)
    out_ds.GetRasterBand(1).WriteArray(array)

    srcband = out_ds.GetRasterBand(1)
    drv = ogr.GetDriverByName("ESRI Shapefile")
    dst_ds = drv.CreateDataSource(output_path)
    dst_layer = dst_ds.CreateLayer("mask",
srs=osr.SpatialReference(wkt=projection))

    field = ogr.FieldDefn("value", ogr.OFTInteger)
    dst_layer.CreateField(field)

    gdal.Polygonize(srcband, None, dst_layer, 0, [], callback=None)
    dst_ds.Destroy()
```

Converte a máscara raster final em vetor poligonal (shapefile), permitindo visualização e uso em SIG.

#### Integração com o QGIS como provedor de algoritmos

```
class TopotrailProvider(QgsProcessingProvider):
    def loadAlgorithms(self, *args, **kwargs):
        self.addAlgorithm(TopotrailAlgorithm())

    def id(self): return 'topotrail'
    def name(self): return 'TopoTrail'
    def longName(self): return 'Topotrail - Gerador de Trilhas'
```

Define o provedor do plugin no QGIS, registrando o algoritmo na interface de geoprocessamento.

#### Inicialização da interface gráfica

```
def initGui(self):
    icon_path = os.path.join(os.path.dirname(__file__), 'logo.png')
    self.action = QAction(QIcon(icon_path), "Gerador de Trilhas",
self.iface mainWindow())
    self.action.triggered.connect(self.run)
    self.iface.addPluginToMenu("Topotrail", self.action)
    self.iface.addToolBarIcon(self.action)
```



Realização:



Adiciona o botão do plugin à interface do QGIS, com ícone e menu acessível pelo usuário.