

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

LORENA DOS SANTOS VIDOTO

DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE  
ÁLGEBRA DE MAPAS VIA QGIS

MARINGÁ

2024

LORENA DOS SANTOS VIDOTO

DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE  
ÁLGEBRA DE MAPAS VIA QGIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Geografia da Universidade  
Estadual de Maringá para obtenção de título de  
Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Otávio Cristiano Montanher

MARINGÁ

2024

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do *plugin Eros*, uma ferramenta projetada para otimizar processos de álgebra de mapas no QGIS, com o estudo de caso na análise de fragilidade ambiental. A motivação para o projeto surgiu da necessidade de ferramentas mais eficientes e acessíveis que permitam realizar operações espaciais complexas com dados raster e vetoriais de forma rápida e precisa. A escolha do nome *Eros* está relacionada ao conceito de erosão, uma preocupação frequente na região do município de Maringá - PR, onde o estudo de caso foi conduzido, além de se referir à raiz etimológica da palavra em várias línguas, facilitando sua identificação por usuários globais. O *plugin* foi desenvolvido com uma interface intuitiva, permitindo que o usuário escolha seus próprios critérios e expressões matemáticas, promovendo flexibilidade para diferentes metodologias e aplicações. A ferramenta foi validada por meio da comparação entre os resultados gerados com o uso do *plugin*, e os obtidos pelo método tradicional no QGIS. O estudo de caso mapeou a fragilidade ambiental do município de Maringá. Os resultados mostraram que o *plugin Eros* reproduziu com precisão os mesmos mapas gerados pelo método tradicional, confirmando sua eficácia e adequação para aplicações de álgebra de mapas. Além disso, o *Eros* demonstrou vantagens significativas em termos de eficiência, reduzindo o tempo necessário para os cálculos e minimizando o risco de erros associados ao processo tradicional. O trabalho destaca a importância contínua de desenvolvimento de ferramentas abertas para otimizar produções de mapas no avanço das capacidades de Sistemas de Informações Geográficas.

**Palavras - chave:** Álgebra de mapas; Python; Geoprocessamento; Otimização de processos cartográficos.



## ABSTRACT

This paper presents the development of the Eros *plugin*, a tool designed to optimize map algebra processes in QGIS, with the case study of environmental fragility analysis. The motivation for the project arose from the need for more efficient and accessible tools that allow complex spatial operations with raster and vector data to be performed quickly and accurately. The choice of the name Eros is related to the concept of erosion, a frequent concern in the region of the municipality of Maringá - PR, where the case study was conducted, in addition to referring to the etymological root of the word in several languages, facilitating its identification by global users. The *plugin* was developed with an intuitive interface, allowing the user to choose their own criteria and mathematical expressions, promoting flexibility for different methodologies and applications. The tool was validated by comparing the results generated using the *plugin* with those obtained by the traditional method in QGIS. The case study applied the methodology of Crepani et al. (2001) to map the environmental fragility of the municipality of Maringá. The results showed that the Eros *plugin* accurately reproduced the same maps generated by the traditional method, confirming its effectiveness and suitability for map algebra applications. Furthermore, Eros demonstrated significant advantages in terms of efficiency, reducing the time required for calculations and minimizing the risk of errors associated with the traditional process. The work highlights the continued importance of developing open tools to optimize map production in advancing the capabilities of Geographic Information Systems.

**Palavras - chave:** Plugin, Map Algebra, Environmental Fragility.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Relação de atributos com a Síntese de mapas.....	9
<b>Figura 2:</b> Fluxograma da estrutura do SIG.....	13
<b>Figura 3:</b> Fluxograma do plugin Eros .....	19
<b>Figura 4:</b> Definição de Quantidades de Camadas.....	21
<b>Figura 5:</b> Definição dos parâmetros para a Rasterização da camada vetorial.....	22
<b>Figura 6:</b> Indicação de do Nome e Arquivo.....	23
<b>Figura 7:</b> Definição de classes para cada Camada.....	24
<b>Figura 8:</b> Reclassificação do Raster.....	26
<b>Figura 9:</b> Tabela de Reclassificação.....	26
<b>Figura 10:</b> Calculadora Raster.....	27
<b>Figura 11:</b> Mapa com as variáveis utilizadas na área de estudo.....	30
<b>Figura 12:</b> Mapa síntese de fragilidade ambiental através do mapeamento tradicional.....	33
<b>Figura 13:</b> Mapa síntese de fragilidade ambiental através do plugin Eros .....	34

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>9</b>
3.1 CARTOGRAFIA DE SÍNTESE .....	9
3.2 TECNOLOGIAS APLICADA À GEOGRAFIA .....	11
3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	12
3.4 FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	14
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
4.1 O PLUGIN .....	17
4.2 ESTUDO DE CASO .....	20
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
5.1 O PLUGIN: EROS .....	21
5.1.1 Passo I - Definição de Quantidades de Variáveis.....	21
5.1.2 Passo II - Indicação de Nome e Arquivo.....	21
5.1.3 Passo III - Processamento .....	23
5.1.3.1 Processamento de dados Vetoriais .....	23
5.1.3.2 Processamento de dados Rasterizados .....	24
5.1.4 Passo IV - Calculadora Raster e Produto Final .....	26
5.2 ESTUDO DE CASO .....	27
5.2.1 Área de Estudo .....	28
5.2.2 Mapeamento Tradicional.....	32
5.2.3 Mapeamento através do Plugin Eros .....	33
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A compreensão da cartografia de síntese desempenha um papel fundamental na geografia, devido ao seu impacto direto na análise de dados espaciais, considerando sua ampla visão e conjuntura de vários aspectos sob uma mesma área. Dessa forma, a utilização de uma ferramenta que produza esse modelo de mapa adequado, abordando parâmetros específicos da categoria de mapas, torna-se vital para a avaliação da área de estudo, resultando em materiais mais eficientes. Uma álgebra de mapa eficaz auxilia em análises geográficas, estudos técnicos, planejamentos urbanos e previne contra riscos e desastres ambientais.

De acordo com Sampaio (2012), o processo de síntese cartográfica possui cinco etapas, da qual refere-se ao alinhamento de variáveis, a partir de dois ou mais elementos. Dentre os diversos modelos de álgebra de mapas, destaca-se a fragilidade ambiental, em que os fatores que influenciam diretamente a fragilidade são a geologia, geomorfologia, clima, pedologia e vegetação. A partir disso, é gerado uma carta de vulnerabilidade, desenvolvida através dos conceitos de pedogênese e morfogênese, produzida após a utilização de uma metodologia na qual classifica variáveis com pesos de 1 à 3 (Crepani *et al.* 2001).

Além disso, os estudos de fragilidade ambiental têm ganhado relevância nos últimos anos, devido à crescente preocupação com a sustentabilidade. Destaca-se como uma ferramenta fundamental para o ordenamento territorial e o planejamento ambiental, auxiliando na gestão responsável dos recursos naturais e na mitigação de impactos socioambientais (Gonçalves *et al.* 2011). Isso tem incentivado o uso de novas tecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

O ambiente computacional possibilita a análise integrada de dados, proporcionando soluções ágeis e precisas ao oferecer uma ampla variedade de ferramentas e aplicações adaptadas às necessidades específicas de cada usuário. Por isso, é necessário revisar os métodos utilizados para cartografia de síntese por meio de álgebra de mapas no QGIS, visto que muitos procedimentos ainda dependem de processos tradicionais demorados, dos quais necessitam de diversas ferramentas distintas, que estão sujeitos a erros, improvisos, e que demandam conhecimento técnico avançado.

Dessa forma, analisou-se a viabilidade de desenvolver um *plugin* no QGIS, uma ferramenta de código aberto amplamente utilizada para a elaboração de mapas, visando otimizar o processo de álgebra de mapas. Essa idealização se justifica na facilidade ao acesso às ferramentas de forma condensada, ou seja, em apenas uma ferramenta sem necessidade de improvisos.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo a elaboração de um complemento para a otimização do processo de desenvolvimento da álgebra de mapas via QGIS. Considerando que a avaliação de cada variável gera uma quantidade significativa de processos, faz-se necessário otimizar a atividade e garantir maior conformidade e verificação dos dados obtidos. Além disso, busca diminuir o tempo gasto para realizar esse procedimento, garantindo a eficácia e praticidade.

Esse *plugin* foi denominado *Eros*, o nome escolhido durante as fases iniciais do projeto, com o foco principal na análise de fragilidade ambiental. A nomenclatura tem uma associação direta com o fenômeno da erosão, uma questão recorrente na região do município de Maringá, onde o estudo foi realizado. A escolha do termo deriva da raiz etimológica da palavra "erosão", cuja origem remonta ao latim *erosio*, *-onis*, que significa "ação de roer". Essa raiz está presente em diversas línguas, como o espanhol (*erosión*), o inglês (*erosion*) e o francês (*érosion*), o que confere ao nome um caráter internacional e reconhecível. A seleção do nome *Eros* foi pensada para facilitar a localização do *plugin* por usuários interessados em temas relacionados à erosão, fragilidade ambiental e álgebra de mapas, reforçando sua acessibilidade por meio de palavras-chave associadas a esses tópicos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um *plugin* via QGIS que otimize o processo de mapeamento e análise através da álgebra de mapas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e revisar metodologias existentes sobre Cartografia de Síntese e Álgebra de mapas, destacando suas aplicações e limitações no contexto de ferramentas GIS.
- Definir os principais critérios e variáveis a serem utilizados na álgebra de mapas, com base em estudos de caso e literatura científica.
- Desenvolver e implementar um *plugin* no QGIS que otimize as etapas da álgebra de mapas incluindo análise e visualização de dados espaciais.
- Validar o *plugin* em uma área de estudo, avaliando sua eficiência, precisão e facilidade de uso em comparação com metodologias tradicionais.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

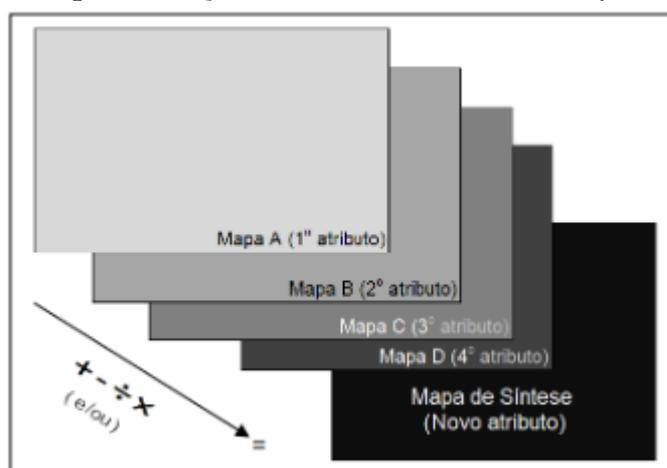
#### 3.1 CARTOGRAFIA DE SÍNTESE

Para realizar a álgebra de mapas, se faz necessário o desenvolvimento de produtos cartográficos, baseando-se em análises espaciais de mapas temáticos com diferentes enfoques. Com isso, o estudo e, posteriormente, a execução da cartografia de síntese torna-se uma ferramenta essencial para a execução da álgebra de mapas.

Para Sampaio (2012), a cartografia de síntese, ao mesclar a utilização de multicritérios com componentes quantitativos, cada elemento possui um “peso” específico, permitindo a avaliação por meio de diferentes perspectivas, gerando novos dados e alcançando o produto desejado (Sampaio, 2012).

Na análise cartográfica, o termo “síntese” corresponde ao alinhamento de variáveis, necessitando de dois ou mais elementos, com dados qualitativos e quantitativos para produzir uma nova informação (Sampaio, 2012). A Figura 1 demonstra a relação dos atributos com seus determinados pesos, com o objetivo de gerar o mapa síntese.

Figura 1: Relação de atributos com a Síntese de mapas



Fonte: Sampaio, 2012

De acordo com Sampaio (2012), o detalhamento do procedimento para realização do mapa síntese é fundamental para a compreensão do usuário em relação ao material elaborado, trazendo consequências positivas ao projeto (Sampaio, 2012). Tendo em vista esta compreensão, Sampaio (2019) traz algumas classificações específicas sobre as categorias de sínteses existentes.

Conforme expõe Sampaio (2019) a categoria de síntese qualitativa está relacionada com individualização de unidades espaciais, buscando desta maneira, definir unidades de paisagem, adequando ao planejamento ambiental. A obtenção desses dados é por meio de operações

booleanas, ocorrendo a união, seguida da combinação com polígonos, ou com a álgebra de mapas, sendo divididos em simples ou ponderados (Sampaio, 2019).

Sampaio (2019) explica que a síntese qualitativa simples, resulta da combinação direta de camadas matriciais vetorizadas, como os exemplos das camadas de pedologia, geologia e geomorfologia, através do recurso “União”. A síntese qualitativa ponderada por sua vez, utiliza-se do método de pesos que são atrelados às suas respectivas camadas para gerar o mapa síntese, sendo obtida por meio da média ponderada (Sampaio, 2019).

Em relação a ponderação, Sampaio (2019) expõe que a grande dificuldade está na classificação e utilização correta dos pesos, á que dependem se uma determinação precisa para efetividade, que requer tempo e conhecimento científico. Contudo, Sampaio (2019), cita métodos como o de Ross (1994) e Crepani *et al.* (1996), auxiliam na distribuição correta de pesos, pois uma vez que alterados e realizados incorretamente, resultam em uma nova classificação modificando o mapa síntese (Sampaio, 2019).

A síntese quantitativa por sua vez, está relacionado com dados que envolvam a ideia de quantidade, sendo alcançada por meio de operações matemáticas como soma, subtração, multiplicação, divisão, média simples e ponderada, além de outras mais complexas, como o método de AHP (Analytic Hierarchy Process) ou com a álgebra de mapas. Neste tipo de síntese, são representados os dados de precipitação, temperatura e altimetria, por se tratar de dados com superfícies contínuas, que visem demonstrar a ideia de intensidade (Sampaio, 2019).

O procedimento de síntese possui cinco etapas, no qual constitui-se o procedimento de normalização dos dados, seguido da padronização dos valores, além da etapa de ajustes de variáveis, chegando na etapa de ponderação e por fim, a própria síntese (Sampaio, 2012).

Conforme explica Sampaio (2012), a normalização é um processo elementar, e devido a importância e a relativa similaridade dos dados, é um método realizado entre dados com atributos parecidos, sendo conhecidos como normalização intratemática. Contudo, se os atributos forem diferentes, o termo utilizado passa a ser de normalização intertemática. Por meio desta prática, é permitido a diferenciação de dados parecidos que tratam sobre o mesmo assunto (Sampaio, 2012).

A etapa de padronização de valores parte da premissa da comparação e associação entre duas ou mais variáveis, sendo necessário a sua utilização tendo em vista que soma das variáveis podem ocasionar em uma discrepância muito grande em os dados trabalhados (Sampaio, 2012).

Em seguida, o autor discorre sobre a terceira etapa, no qual é destinado a identificação, caracterização e ajuste das variáveis escolhidas, pois segundo ele, a escolha precisa ser

compatível com os objetivos do estudo realizado. Além de que, restrições à avaliação utilizada são impostas ao aplicar os dados brutos sem que haja a identificação. Por fim, é destacado que a eleição não deve ser feita de maneira desordenada, pois há métodos que devem ser seguidos dando respaldo às escolhas (Sampaio, 2012), como é o caso do método de Crepani (1996), no qual atribui classes às variáveis trabalhadas.

De acordo com Sampaio (2012), a ponderação é uma etapa essencial para determinar a importância e o peso que cada variável deve possuir no projeto, buscando correlacionar com consultas bibliográficas e os métodos utilizados (Sampaio, 2012). Esta etapa tem a sua relevância devido ao grau de modificação que ele pode agregar ao projeto, uma vez que alteradas os pesos de maneira incorreta, o mapa gerado contará com erros, prejudicando a análise do estudo.

Por fim, a última etapa corresponde à própria síntese, no qual é o resultado da utilização das operações de normalização, padronização, ponderação, que compõem todo este método, encerrando na etapa de síntese (Sampaio, 2012).

### 3.2 TECNOLOGIAS APLICADA À GEOGRAFIA

A geografia se modificou e evoluiu com o passar do tempo, com novas tecnologias sendo criadas e empregadas no dia a dia do acadêmico e do geógrafo, com função de facilitar o seu trabalho. Dentre essas criações e evoluções, estão o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

De acordo com Rosa (2005), essas tecnologias podem ser conhecidas como “geotecnologias”, e todas possuem a função de coletar, processar, analisar e oferecer algum tipo de informação que contenha georreferenciamento. Dentre essas tecnologias, o SIG é muito utilizado no meio acadêmico e profissional por permitir a coleta, o armazenamento e a análise de dados sem demandar muito esforço do usuário, tendo em vista que sua utilização é por computadores, facilitando a integração com o espaço geográfico (Rosa, 2005).

Conforme expõe Rosa (2005), o SIG é composto por *software*, *hardware* e dados, com cada um possuindo uma função específica dentro do sistema, com o *software* sendo responsável por coletar e padronizar os dados, após isso, armazenar e recuperar dados, finalizando com a análise, gerando informação para exibição dos resultados. O *hardware* é composto por toda a infraestrutura do equipamento que servirá para a realização da função *software*, ou seja, são os computadores, impressoras e outros similares. Por fim, os dados gerados são as informações que geram o produto final (ROSA, 2005).

O Sensoriamento Remoto conforme expõe Rosa (2005), surgiu com a evolução dos estudos geográficos referentes à cartografia, pois de acordo com ele, havia a necessidade de maior agilidade e diminuição de gastos no processo. Baseado em Rosa (2005), a captura de imagens via sensoriamento remoto utiliza-se de radiação eletromagnética refletida de componentes da superfície terrestre ou pelo satélite natural da Terra. Essa forma de captura necessita de duas fases, chamadas pelo autor de “aquisição” e “utilização”, na qual tem a finalidade de gerar e analisar a imagem final. No período em questão, com o progresso tecnológico, diversos tipos de satélites foram utilizados para essa captura, como o sistema LANDSAT, fabricado pelo NASA, e o CBERS produzido em conjunto pelos países China e o Brasil (Rosa, 2005).

Uma outra tecnologia amplamente utilizada é a do *Global Positioning System*, popularmente conhecido como GPS, no qual utiliza-se de um sistema de radio-navegação, no qual permite que o usuário se localize em qualquer ponto do globo terrestre e para que isso ocorra, o sistema GPS é separado em três partes, sendo denominadas espacial, controle e usuário (Rosa, 2005). Além do GPS, no qual foi produzido pelos Estados Unidos, é possível utilizar de sistemas de GNSS, cujo sua existência se dá pela junção do GPS com o modelo russo GLONASS, além do GALILEO, produzido pelos países da União Europeia (Rosa, 2005).

Por meio das tecnologias aplicadas à geografia, é possível identificar e monitorar áreas de risco ambiental, devido ao sistema SIG e o sensoriamento remoto, que utilizam imagens de satélite. Por fim, outra forma de uso, está ligado diretamente com o melhor planejamento da região, distribuindo e delimitando o uso do solo para planejamento agrícola e a gestão de bacias hidrográficas (Rosa, 2005).

### 3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

O Sistema de Informação Geográfica, também conhecido como SIG, é uma tecnologia avançada, que utiliza da combinação de *hardware*, *software* e dados geográficos para produzir e analisar dados geoespaciais. Dentre suas funcionalidades, estão a coleta de dados por imagens de satélite e drones, além de permitir um grande armazenamento de dados em seus programas como o QGIS e o ArcGis.

De acordo com Sampaio (2012), a tecnologia do SIG permite que a álgebra de mapas seja realizada ao combinar as diversas variáveis coletadas do banco de dados, produzido pelo usuário (Sampaio, 2012). Já o INPE (2001) completa descrevendo que a distinção da tecnologia do SIG em relação a outros sistemas está relacionada com a capacidade que o SIG possui em

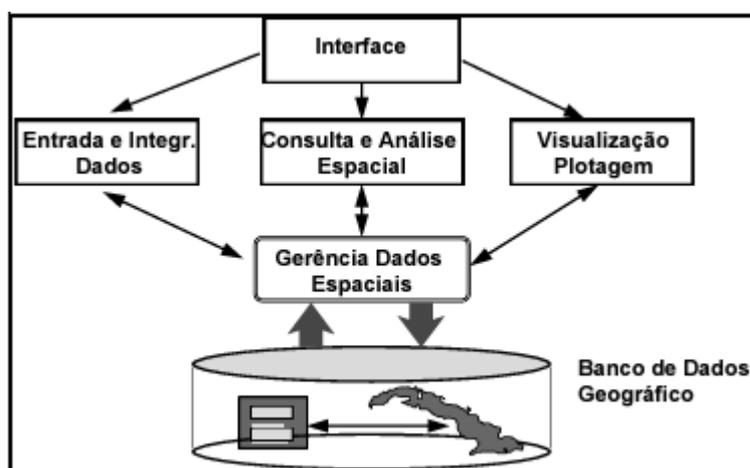
identificar, analisar, produzir e processar dados geoespaciais, uma vez que o banco de dados permite essas ações, conseqüentemente, propiciando comparações com o mundo real (INPE, 2001).

Barbosa (1999) fragmenta o termo SIG, separando e dando ênfase nas palavras “sistema”, “informação” e “geográfica”, buscando explicar estes conceitos. Para ele, o uso de “sistema” deve-se ao fato da interrelação entre diversos elementos, enquanto o termo “informação” relaciona-se com o trabalho do usuário dentro do sistema, uma vez que é permitido a obtenção de dados e, por fim, a palavra “geográfica” por se tratar de locais reais com coordenadas geográficas (Barbosa, 1999).

Conforme Barbosa (1999) expõe, o SIG pode ser utilizado para diversas finalidades, entre elas estão a administração de base de dados geográficos, por proporcionar através de ferramentas o conhecimento de dados cartográficos. Outra função disponibilizada está voltada para a análise espacial de fenômenos geográficos, permitindo a interação entre os processos (Barbosa, 1999).

Buscando disseminar o conhecimento sobre o SIG, Barbosa (1999), discorre sobre a estrutura de um SIG, descrevendo a presença de interface, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico de imagem, visualização e plotagem e o sistema de gerência de banco de dados, para armazenar e recuperar dados, todas com o objetivo de conceder uma melhor experiência do usuário, sendo possível a observação na figura 2 (Barbosa, 1999). Para ele, essa estrutura possui uma hierarquia, sendo dividida em três níveis, com o mais baixo relacionado com a operação do homem na máquina, seguido das etapas que o SIG realiza nos dados coletados, finalizando com o armazenamento deste processo (Barbosa, 1999).

Figura 2 - Fluxograma da estrutura do SIG



Fonte: Barbosa, 1999

Os mapas temáticos são projeções que dão destaque à áreas geográficas, apresentando características de uso do solo, por exemplo. Conforme expõe Barbosa (1999), os mapas temáticos podem possuir dois formatos de armazenamento, sendo eles o formato vetorial e formato matricial, no qual cada um pode gerar um objetivo específico. O formato vetorial tem um foco maior na precisão em seus mapas produzidos, enquanto o formato matricial, também conhecido como formato *raster*, são melhores para a realização da álgebra de mapas (Barbosa, 1999).

O autor traz algumas diferenças entre os dois tipos de formato em relação a procedimentos existentes dentro do SIG. Na relação do sistema com o banco de dados, o formato vetorial facilita na associação de atributos aos elementos gráficos, já que o formato *raster* permite apenas as classes do mapa (Barbosa, 1999). Sobre a análise e simulação, o formato vetorial é limitado, ao mesmo tempo que o formato *raster* representa melhor essas simulações e modelagens, além de que a respeito dos algoritmos utilizados, o formato vetorial possui erros geométricos, por outro lado o formato *raster* apresenta um processamento mais eficiente (Barbosa, 1999).

### 3.4 O CONCEITO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

O estudo de fragilidade ambiental é um assunto frequentemente debatido no meio acadêmico geográfico, principalmente por sua importância nas questões de planejamento ambiental e precaução a desastres ambientais. Por tais motivos, muitos são os estudos que trazem esse tema ao debate no Brasil e no mundo, utilizando de ferramentas para mapear, precaver e solucionar esses problemas.

Conforme apresenta Jesus (2014), o uso da álgebra de mapas para o mapeamento da fragilidade ambiental é muito disseminado, com diversos autores aplicando e propagando os resultados. Entre esses autores, estão Amaral *et al.* (2012), cujo trabalho relaciona o campo de sensoriamento remoto com dados para descobrir tais fragilidades na Amazônia; o Gonçalves *et al.* (2011) com estudos direcionados a álgebra de mapas para determinar a fragilidade ambiental em regiões específicas; e os estudos de Barbosa *et al.* (1996) também utilizando a técnica da álgebra de mapas, porém com o foco em zoneamentos (Jesus, 2014).

O estudo de Gonçalves *et al.* (2011) visa identificar locais de fragilidade ambiental, para isso, ele realiza estudos sobre bacias hidrográficas. De acordo com o autor, a percepção sobre o que é uma bacia hidrográfica é importante, pois define a área de influência dos processos físicos em conjunto com ações antrópicas (Gonçalves *et al.* 2011). Com isso, o autor traz os

conceitos de “vulnerabilidade natural” e “fragilidade ambiental” no qual a diferença está na atuação do homem em relação ao meio, pois conforme ele expõe, as características físicas de geologia, pedologia e relevo já estão inseridas no espaço, resultando na vulnerabilidade natural deste local, contudo, com a intervenção da ação humana, esse espaço pode se tornar frágil devido a degradação (Gonçalves *et al.* 2011).

Além disso, os atuais estudos de fragilidade ambiental apresentam um destaque recente por se tratar de uma preocupação vigente, principalmente nas questões de ordenamento social e planejamento ambiental (Gonçalves *et al.* 2011), levando a incentivos ao uso de novas tecnologias como o SIG, em parceria com órgãos e ações governamentais para determinar locais de fragilidade.

Dentre os estudos, destaca-se também o de Crepani *et al.* (2001), no qual determina as unidades de paisagem natural, baseadas em características físicas em comum de determinados locais, com o objetivo de gerar uma carta de vulnerabilidade. A carta de vulnerabilidade das unidades de paisagem natural é desenvolvida partindo dos conceitos de pedogênese e morfogênese, sendo gerada após a utilização de uma metodologia no qual classifica variáveis com pesos de 1 a 3 (Crepani *et al.* 2001).

Para Crepani *et al.* (2001), as unidades de paisagens possuem características específicas que divergem de outros, fazendo com que cada parte seja única, contudo, mantendo-se interligadas, compondo um grande sistema de informações que são trabalhadas em conjunto para a construção do meio (Crepani *et al.* 2001). O autor revela que a utilização de imagens de satélite é primordial para a identificação e construção dessas áreas, permitindo observar a causa e o efeito entre os componentes, pois segundo Crepani *et al.* (2001) a junção dos Sistemas de Informações Geográficas com o Sensoriamento Remoto, traz consigo toda a capacidade de análise e posteriormente, a aplicação em unidades de paisagem (Crepani *et al.*, 2001).

De igual modo, o diagnóstico sobre as características físicas do solo, as erosões causadas por precipitações contínuas e as diferenças de cobertura vegetal (Gonçalves *et al.* (2011) revelam ser de grande importância. Por conseguinte, Crepani *et al.* (2001) descreve as características físicas específicas que se relacionam com cada peso de sua metodologia, indicando um percurso a ser seguido pelo utilizador.

O autor inicia descrevendo a importância da geologia para a determinação da categoria, destacando a composição das rochas, na qual são formadas por minerais com particularidades específicas, ocasionando no grau de resistência da rocha com o meio (Crepani *et al.*, 2001). O

grau de resistência interfere diretamente na força do processo de intemperismo sob a rocha, remodelando os relevos (Crepani *et al.*, 2001).

A geomorfologia do terreno está relacionada com a interferência da hipsometria e declividade, em conjunto com a precipitação, transformando as formas do relevo por meio dos processos de escoamento superficial (Crepani *et al.*, 2001). Sobre a pedologia, o autor traz o conceito de “maturidade” para descrever solos jovens e rasos ou maduros e desenvolvidos (Crepani *et al.*, 2001).

Crepani *et al.* (2001), detalha sobre as características fitogeográficas, acrescentando uma escala maior de importância, devido a sua função de proteção a paisagem, evitando processos erosivos. Para ele, locais com grande presença de cobertura vegetal trazem benefícios como alta permeabilização do solo e o aumento da capacidade de infiltração, impedindo o surgimento de locais com fragilidade ambiental (Crepani *et al.*, 2001).

Por fim, o autor apresenta a interferência do clima no meio, destacando a precipitação pluviométrica, no qual está responsável diretamente no processo de intemperismo, ocasionando em erosões (Crepani *et al.*, 2001).

Após a consulta do material proposto por Crepani *et al.* (2001), o usuário deve relacionar as características físicas estudadas neste método com a própria área de interesse, classificando corretamente as propriedades de cada compartimento físico, com o grau de vulnerabilidade. Portanto, no método de Crepani *et al.* (2001), são classificadas as características físicas do terreno em cinco classes morfométricas, denominadas de “muito baixa”, “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta”, relacionando com os valores de vulnerabilidade de “1”, “1,5”, “2”, “2,5” e “3”, respectivamente (Crepani *et al.*, 2001).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

A proposta metodológica foi desenvolvida com o objetivo de otimizar o mapeamento através da álgebra de mapas, integrando funções e ferramentas do QGIS 3.24.1. Esta metodologia foi dividida em duas etapas, sendo a primeira parte direcionada para a criação do *plugin*, com um esforço destinado para a criação da interface, priorizando a experiência do usuário, sendo ao máximo eficaz e intuitivo. Em seguida, foi utilizado o método do Crepani *et al.* (2001), para realizar o mapa de fragilidade ambiental, sendo adotado como estudo de caso e exemplo da álgebra de mapas. Esse exemplo tem como propósito permitir uma comparação

entre os resultados gerados pela sua utilização ou não, no dia a dia produzido pelo usuário, buscando gerar por meio deste confronto, uma validação de sua eficácia na otimização.

#### 4.1 O PLUGIN

Primeiramente, é necessário que o QGIS 3.24.1 (QGIS Development Team, 2024) esteja instalado, pode ser qualquer versão a partir da 3.0, uma vez que é dentro desse software que o *plugin* será executado. Outra ferramenta essencial é o Qt Designer 3.24.1, responsável pela criação da interface gráfica, que é obtido juntamente com o QGIS. Por fim, utiliza-se o *Visual Code Studio* para a escrita das linhas de código que implementam o processamento utilizado (Apêndice).

Posteriormente, foi preciso instalar um complemento no QGIS para auxiliar na criação do *plugin*, chamado “*Plugin Builder*”. Esse complemento foi responsável por criar os arquivos necessários para o funcionamento correto e registrar as informações técnicas relacionadas. Além disso, fez-se necessária a instalação do complemento “*Plugin Reloader*”, que permite atualizar o *Eros* em desenvolvimento sempre que houver alterações no *script*, refletindo as mudanças realizadas diretamente no QGIS.

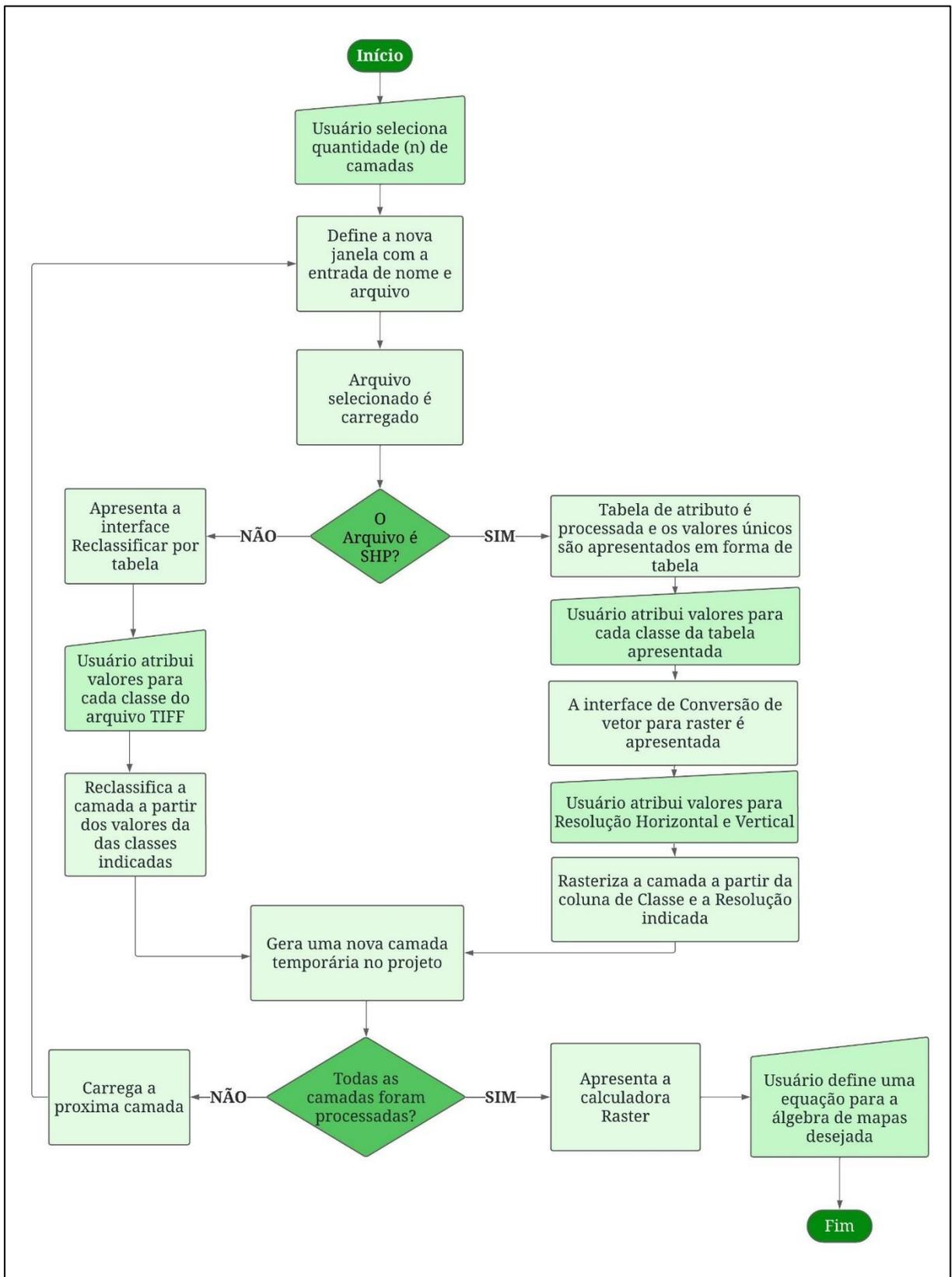
Com os *softwares* e complementos devidamente instalados, o próximo passo foi utilizar o *Qt Designer* para desenvolver a interface gráfica do *plugin*. Essa interface permite inserir comandos de maneira rápida e personalizada, ocorrendo nela a criação de todas as etapas necessárias para tornar o *Eros* acessível e visualmente intuitivo, facilitando o uso por parte do usuário.

Para garantir o ordenamento e a organização das informações e ideias obtidas ao longo do projeto, foi desenvolvido um fluxograma detalhando todos os procedimentos que o *plugin* deve executar. O fluxo de trabalho inicia com o usuário selecionando a quantidade de camadas que deseja processar. Em seguida, o *plugin* abre uma nova janela com campos para a indicação do arquivo e do nome, onde o usuário insere os dados desejados. Após carregar o arquivo selecionado, o *plugin* verifica a extensão para determinar se o arquivo é vetorial ou raster. Caso o arquivo seja vetorial, ele processa os dados por meio da indicação de classes dos valores únicos fornecidos pelo usuário e, em seguida, realiza a rasterização. Caso o arquivo seja raster, o processamento é realizado por meio de reclassificação baseada em uma tabela.

Qualquer que seja a extensão, o resultado do processamento é enviado como uma camada temporária para o projeto do QGIS. Após o processamento da primeira camada, o *plugin* retorna ao Passo II para que o usuário indique novos arquivos e nomes para

processamento. Esse ciclo se repete até que todas as camadas selecionadas tenham sido processadas. Após finalizadas, o *plugin* abrirá uma nova janela com a calculadora raster, permitindo que o usuário insira informações matemáticas para realizar a álgebra de mapas.

Figura 3 – Fluxograma do Plugin Eros



Fonte: Autora, 2024

Após a realização de todas essas etapas foi necessário escrever os *scripts* (linhas de código) para dar comandos para o *plugin* processar os dados de forma correta e personalizada. Para isso foi necessário a documentação do *Python*, *Pyqgis* e QGIS e código fonte do QGIS como base para os *scripts*.

## 4.2 ESTUDO DE CASO

A metodologia utilizada no mapeamento de fragilidade ambiental para a aplicação do estudo de caso foi dos autores Crepani *et. al* (2001), em que expõem que para achar a vulnerabilidade é necessário fazer uma média entre os temas, Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima. De acordo com os autores, a análise desses componentes permite o reconhecimento das diferentes estruturas, relacionadas às rochas, permeabilidade do solo e rocha, e suposições sobre a erosão e o intemperismo (Crepani *et al.*, 2001).

Para fins de uma melhor observação, foi exposto abaixo um exemplo de equação matemática adaptado do estudo do Crepani *et al.* (2001), utilizado para a realização da álgebra de mapas. A letra “G” significa vulnerabilidade para o tema Geologia, “R” significa vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, além disso, a letra “S” significa vulnerabilidade para o tema Solos, ao mesmo tempo que a letra “V” significa vulnerabilidade para o tema Vegetação e por fim, a letra “C” significando vulnerabilidade para o tema Clima.

$$\text{VULNERABILIDADE} = (G + R + S + V + C) / 5$$

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, (2001)

Os Autores apresentam uma avaliação de forma empírica e relativa, atribuindo valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas, sendo a primeira delas a categoria estável, onde predomina a pedogênese, ou seja, a formação do solo, e representa o valor 1.0. A segunda é a categoria intermediária, caracterizada por um equilíbrio entre pedogênese (formação do solo) e morfogênese (modelagem do relevo), recebendo o valor 2.0. Por fim, a categoria instável se destaca pela predominância da morfogênese, indicando uma maior ação de processos de modelagem e alteração do relevo, com o valor 3.0 associados (Crepani *et al.*, 2001).

Para definir os valores para cada variável o autor determina parâmetros para isso com base nas características de cada agente físico. Também é atribuída uma escala de cores que varia do azul (estável), verde (intermediária), até chegar no vermelho (vulnerável). A tabela 1 apresenta as classes com o grau de vulnerabilidade descrito por Crepani *et al.* (2001).

Tabela 1 - Classes de Vulnerabilidade

Grau de Vulnerabilidade	Classe
Muito Baixa	1,0 - 1,4
Baixa	1,4 - 1,8
Média	1,8 - 2,2
Forte	2,2 - 2,6
Muito Forte	2,6 - 3,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.*, (2001)

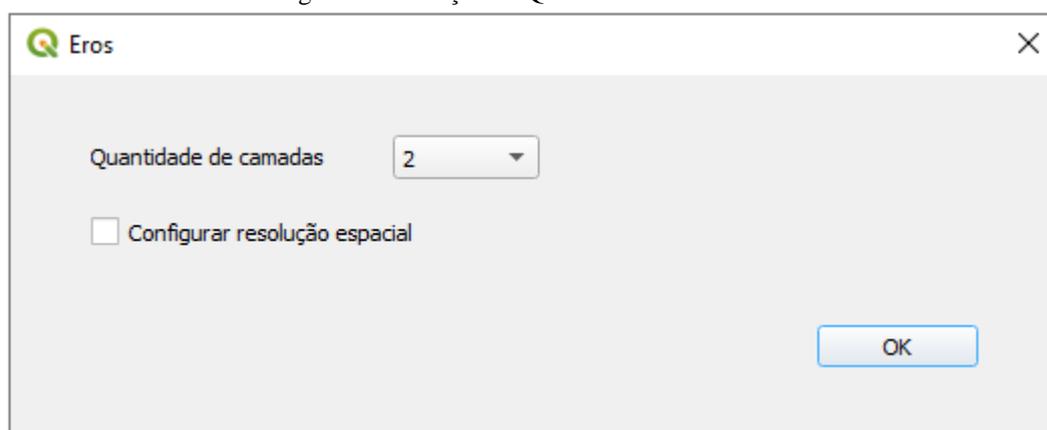
## 5. RESULTADOS

### 5.1 O PLUGIN: EROS

#### 5.1.1 Passo I - Definição de Quantidades de Variáveis

O Passo I do *Eros* é dedicado ao usuário selecionar a quantidade necessária de camadas que serão utilizadas para a realização da álgebra de mapas, tendo em vista o mapa de interesse do indivíduo. É interessante destacar que, a realização da álgebra de mapas ocorre por meio da utilização de duas ou mais variáveis. No *plugin* em questão, o usuário deve selecionar de 2 até 10 variáveis para compor a álgebra de mapas do projeto, como exemplificado na Figura 4 onde mostra a primeira tela do complemento.

Figura 4: Definição de Quantidades de Camadas



Fonte: Autora, 2024

Em seguida, será apresentado ao usuário um *CheckBox* chamado “Configurar resolução espacial” para definir a resolução espacial na conversão do vetor para raster, como apresentado na Figura 5. Caso o usuário opte por definir, ele deve preencher o campo de Resolução com o valor desejado, com Unidades de Saída Georreferenciadas já definidas pelo *Eros*. Se não optar

por não definir a resolução espacial para a rasterização do arquivo vetorial, o plugin irá fazer o processamento com a resolução padrão, no caso 30m x 30m. Após a definição da resolução espacial, cabe ao usuário apertar o “OK” para seguir para a próxima etapa.

Figura 5: Definição de parâmetros para Rasterização da camada vetorial



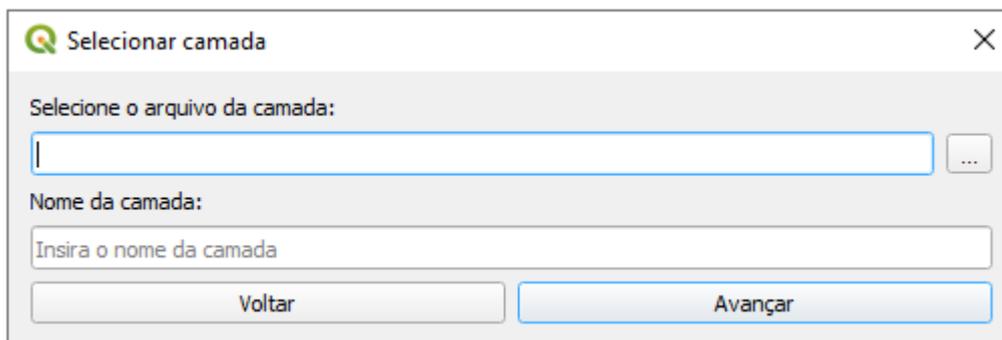
Fonte: Autora, 2024

### 5.1.2 Passo II - Indicação de Nome e Arquivo

Ao observar a Figura 6, no Passo II, a interface mostra o campo para a escolha dos arquivos e os seus respectivos nomes. Para escolher o arquivo, o *plugin* apresenta um componente de *Line Edit*, em que os usuários podem inserir um caminho em que podem ver o arquivo selecionado. Caso prefira escolher o diretório dentro do explorador de arquivos de seu computador, à direita do *Line Edit*, é exibido o *Push Button*, um botão de ação que abre uma caixa de diálogo para que os usuários escolham os diretórios, onde os arquivos estão localizados. Como exemplo, caso escolha do arquivo “solos.shp”, no qual ao carregar, apresentará o caminho “C:\Users\Documentos\solos.shp”, fazendo com que o usuário saiba qual arquivo está sendo processado.

Após isso, no campo abaixo o usuário deve escolher um nome para a camada selecionada, por exemplo para o arquivo “solos.shp”, é escolhido o nome “Solos”. Esse passo é necessário para identificação correta de cada variável e para uma melhor visualização no arquivo de saída. Posteriormente a seleção do arquivo e do seu respectivo nome, o usuário deve apertar o “Avançar” para prosseguir até a próxima etapa, porém, caso queira retornar à etapa anterior, é necessário apertar a opção “Voltar”, fazendo com que o usuário volte ao Passo I. Caso seja de interesse do usuário finalizar o *plugin*, ele deve selecionar o “X”.

Figura 6: Indicação do Nome e Arquivo



Fonte: Autora, 2024

### 5.1.3 Passo III - Processamento

Posteriormente a definição da quantidade de camadas e a indicação de arquivo com o respectivo nome para variável escolhida, será o momento de processar os dados de entrada. Como dito anteriormente, o Eros aceita apenas dados Vetoriais e dados Rasterizados, ou seja, em formato .shp e .tiff, respectivamente. Caso o usuário tente processar outro tipo de extensão, o *plugin* não irá aceitar o processamento da camada. O *Eros* tem processamentos diferentes para vetor e raster, com cada um apresentando suas particularidades e ferramentas necessárias para deixá-los aptos para a álgebra de mapas, realizada na última etapa do *plugin*.

Após o processamento da primeira camada, o *plugin* irá retornar para o Passo II - Indicação de arquivo e respectivo nome, para que o usuário processe uma nova camada. Esse procedimento irá acontecer até alcançar a quantidade de camadas que o usuário escolheu no Passo I. Em seguida ao processamento de todas as variáveis vetoriais ou rasterizadas o *plugin* irá de forma automática para a próxima etapa, no caso Passo IV.

#### 5.1.3.1 Processamento de dados Vetoriais

O processamento de dados Vetoriais se inicia com a abertura da tabela de atributos do arquivo, uma coluna é apresentada de nome “Indicador”, com os valores únicos da coluna, ou seja, caso tenha nomes repetidos, irá exibir apenas os valores únicos para otimização de tempo. Do lado da coluna apresentada, o próprio *plugin* irá criar uma coluna com o nome “Classe” para o usuário definir as classes desejadas (Figura 7). Salienta-se que essa coluna pode ter valores inteiros e/ou valores decimais, e que essa interface precisa, necessariamente, que a tabela de atributos esteja apenas com a coluna que será utilizada como base para definição de classes.

Caso ele queira voltar para a etapa anterior, no caso indicação do Nome e Arquivo, ele pode apertar o botão “Voltar”, contudo, caso opte por executar os comandos, o *Eros* irá rasterizar o arquivo e gerar uma camada temporária dentro do projeto com a nomenclatura “eros\_nome”, com o “nome” sendo o escolhido no Passo II, como o exemplo “eros\_solos”, dito anteriormente.

Figura 7: Definição de classes para cada Camada

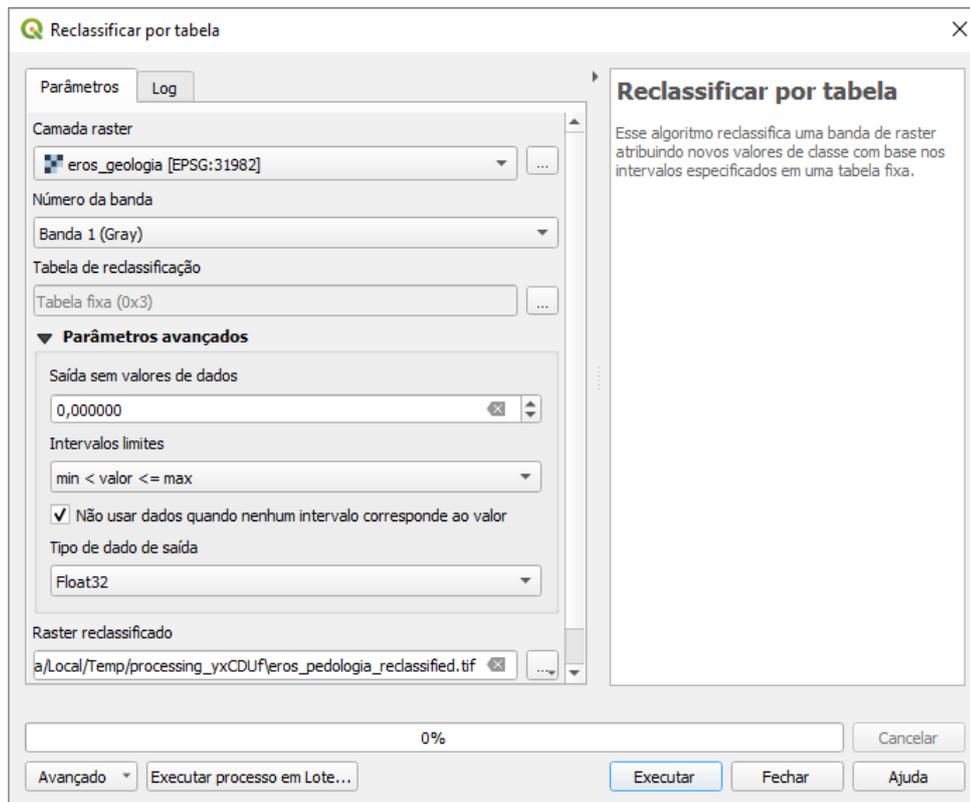
	Indicador	Classe
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Fonte: Autora, 2024

### 5.1.3.2 Processamento de dados Rasterizados

Neste estilo de processamento, os dados de entrada rasterizados precisam ser reclassificados para as classes definidas pelo usuário, portanto, neste caso o *plugin* irá abrir uma interface chamada “Reclassificar por tabela”. Os componentes “Camada raster” e “Saída sem valores de dados” serão preenchidos automaticamente pelo *Eros*, será a camada que você está trabalhando no momento e 0,00, respectivamente.

Figura 8: Reclassificação do Raster

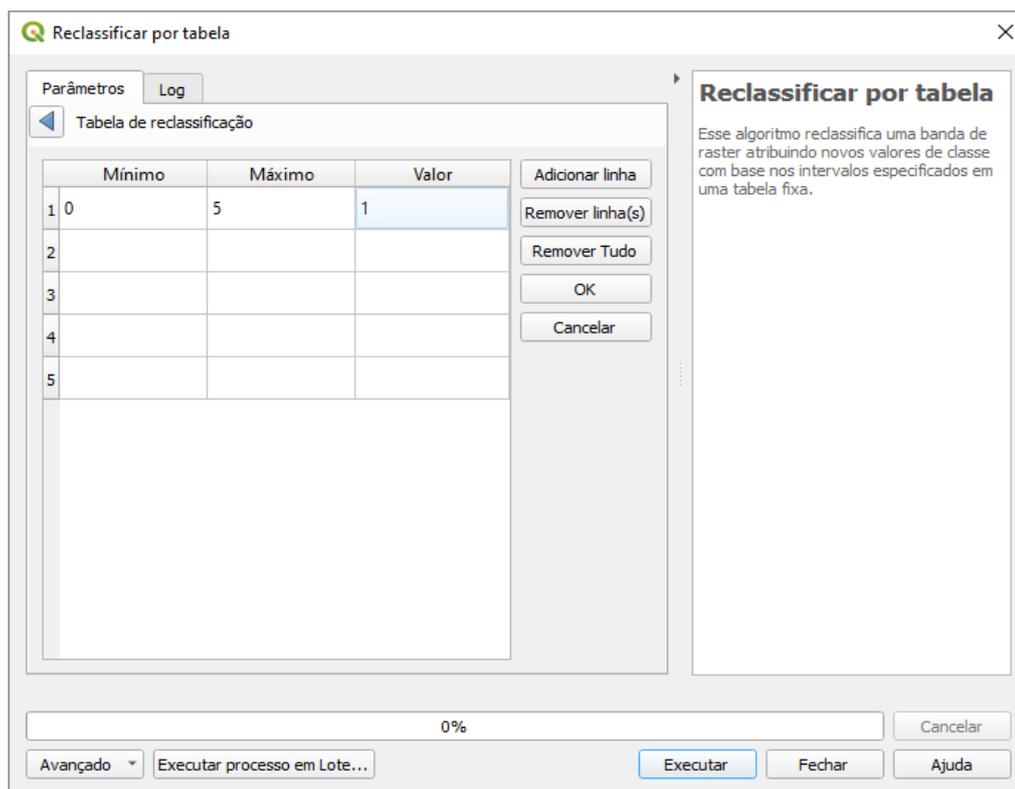


Fonte: Autora, 2024

Na “Tabela de Reclassificação” o usuário deve indicar os valores “Mínimo” e “Máximo” já estabelecidos no raster, em seguida na coluna “Valor”, deve-se atribuir as classes definidas. Como exemplo, uma imagem raster de declividade, onde o mínimo é 0 e o máximo é 5, a classe atribuída para este intervalo será 1, é possível a visualização da interface e do exemplo dado na Figura 9.

À direita da tabela, é apresentada componentes como “Adicionar linha”, para acrescentar uma nova linha de reclassificação; “Remover linha”, com destino a retirar uma linha de reclassificação já adicionada; “Remover tudo”, para remover todas as linhas já adicionadas; “OK”, no sentido de carregar a tabela de reclassificação preenchida na interface de Reclassificar por tabela; “Cancel”, para voltar a interface de Reclassificar por tabela sem os dados da Tabela de reclassificação.

Figura 9: Tabela de Reclassificação



Fonte: Autora, 2024

Após a reclassificação por tabela, o usuário deve pressionar o “Executar” para gerar o arquivo reclassificado e seguir para a próxima etapa, no entanto caso ele queira voltar a etapa anterior, que consiste na definição da quantidade de camadas, é necessário apertar o botão “Close”. Caso opte por executar os comandos, o *Eros* irá reclassificar o arquivo e gerar uma camada temporária dentro do projeto com a nomenclatura “eros\_nome”, com o “nome” sendo o escolhido no Passo II, como exemplo o “eros\_declividade”.

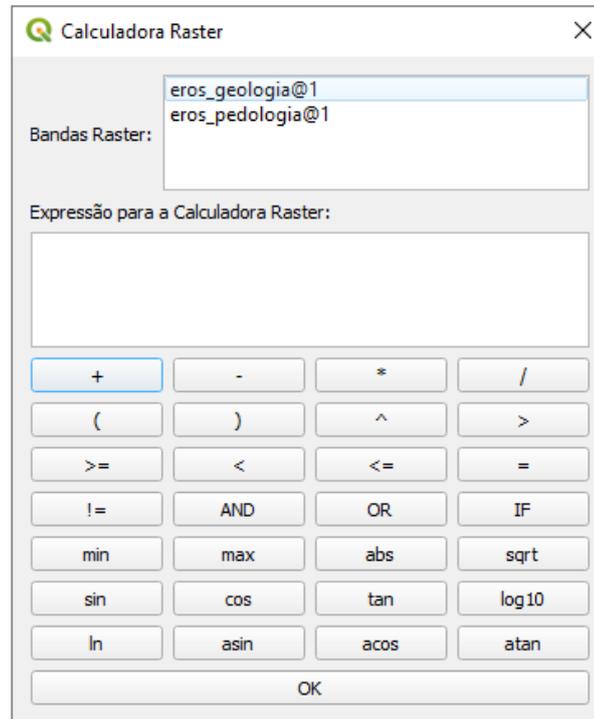
#### 5.1.4 Passo IV - Calculadora Raster e Produto Final

Em seguida do processamento de todos os atributos indicados, o *Eros* irá apresentar a Calculadora Raster, que está indicando somente as camadas processadas dentro do *plugin*, onde o usuário poderá utilizar para fazer a álgebra de mapas. A equação utilizada deverá ser de escolha do usuário, levando em consideração que existem inúmeras fórmulas matemáticas para diferentes tipos de mapeamento.

Posteriormente a definição da equação, o usuário aperta o “OK”, prosseguindo para a geração do produto final, todavia, nesta etapa não é possível retornar ao passo anterior, sendo assim, caso o usuário não esteja satisfeito com as escolhas determinadas, ele precisará fechar o

*plugin* e recomeçar toda a etapa novamente. O produto final será a álgebra de mapas de todas as camadas de entrada que o usuário realizou o processamento, sendo o mapa de fragilidade ambiental uma demonstração nítida da álgebra de mapas, no qual será o estudo de caso aplicado.

Figura 10: Calculadora Raster



Fonte: Autora, 2024

## 5.2 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso se inicia a partir da caracterização do meio físico, com os componentes Geologia, para melhor entendimento da composição, estrutura e evolução das rochas; Clima, para análise das condições atmosféricas, como temperatura e precipitação; Geomorfologia juntamente com hipsometria e declividade, para compreender as formas do relevo terrestre e dos processos morfológicos, para auxiliar na identificação das áreas mais suscetíveis a erosão; Pedologia, para a identificação da, profundidade, permeabilidade e estabilidade do solo, pelas suas origens e propriedades; e por fim, a vegetação, que protege o solo contra desastres naturais, e reflete a saúde do ecossistema.

Esses componentes do meio físico foram fundamentais para o mapeamento, comparação, e por fim, validação dos resultados obtidos através da metodologia de Crepani et. al. (2001). Após o levantamento dos componentes necessários para o estudo, foram feitos mapas de fragilidade ambiental através do método tradicional e posteriormente pelo *Eros*.

### 5.2.1 Área de Estudo

Maringá está localizado na região sul do Brasil, no Norte Central paranaense do estado do Paraná e está no divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Ivaí e Pirapó. Este município abrange uma área de 487,012 km<sup>2</sup>, com os municípios limítrofes de Ângulo, Astorga, Iguaçu, Floresta, Marialva, Sarandi, Paiçandu e Mandaguaçu.

A área estudada apresenta Latossolos Vermelhos e o Nitossolos Vermelhos como solos predominantes e ambos possuem textura argilosa e profunda, derivados do Grupo Serra Geral e das formas de relevo. Em algumas porções podemos observar a presença da Formação Caiuá, Colúvios da Formação Santo Anastácio, ambos acarretando a organização de solos arenosos (Argissolos) e rasos (Neossolos Litólicos).

O município de Maringá é situado em uma área de transição entre planaltos. O mapa da geomorfologia evidencia a variação de altitudes dentro do município, regiões com maior altimetria ligadas aos divisores de água e áreas mais baixas relacionadas aos fundos de vale, evidenciando uma amplitude altimétrica na área. As altitudes podem chegar a 680 metros e a maior parte do território encontra-se em altitudes de 320 a 450 metros.

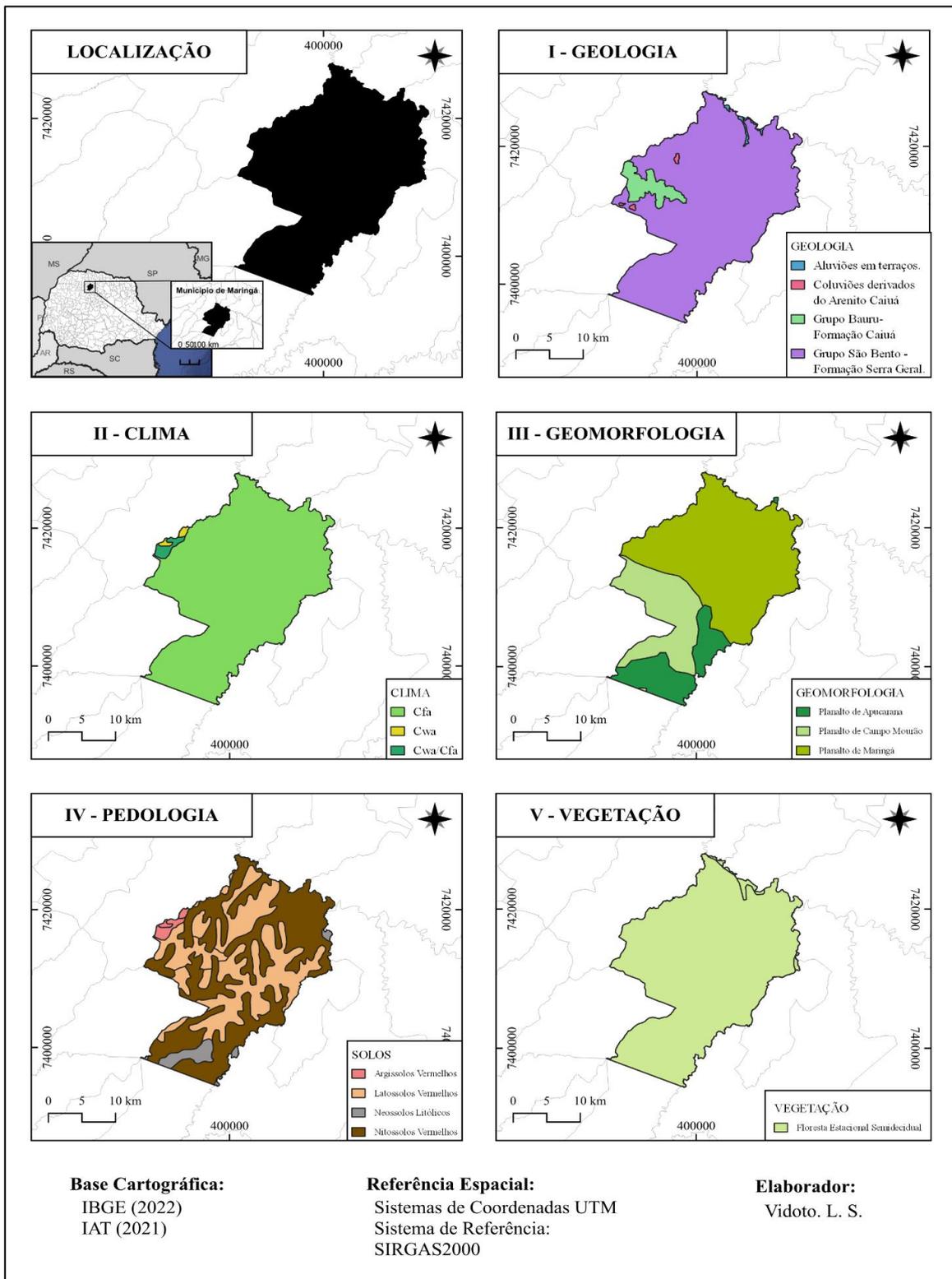
Em relação a declividade municipal a maior parte do município apresenta inclinações abaixo de 10%. As regiões com declives entre 10% e 15% estão concentradas nas margens dos rios, criando uma zona elevada ao redor das regiões mais baixas. As áreas de maior declive estão localizadas no nordeste e no sul do município.

Segundo Minaki e Montanher (2019), possui um clima de transição entre tropical e subtropical, caracterizada por uma distribuição sazonal bem definida e presença de sistemas frontais durante todo o ano que proporciona uma certa constância nos níveis de chuva. A região é influenciada pelo regime de monção característico do norte do Sul do Brasil, que altera diretamente o índice pluviométrico de Maringá. Esse regime de monção provoca uma significativa diferença de precipitação entre o verão e o inverno. Durante o verão, a região recebe uma quantidade substancial de chuvas, resultantes tanto de sistemas convectivos quanto de frentes frias, por outro lado, o inverno é marcado por uma estação seca relativa, com redução considerável na quantidade de precipitação.

Nesse sentido os dados médios de Maringá se caracterizam em média de pluviosidade anual de 1701,6 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com concentração de cerca de 12% das chuvas e agosto o mês mais seco, com menos de 4% das chuvas anuais. As temperaturas variam de 28°C a 18,2°C, com o mês mais quente 2,5% mais alto que a média e o mês mais frios 4,1% abaixo da média.

Por fim, a vegetação do município está inserida do Domínio Fitogeográfico Mata Atlântica (EMBRAPA, 2013), e na Região Fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual, composto por formações submontana e aluvial. A região é caracterizada por uma vegetação densa, composta por árvores e arbustos organizados em agrupamentos compactos, além de trepadeiras (cipós) e uma cobertura reduzida de plantas rasteiras. Nas áreas próximas, predominam atividades de pecuária e agricultura, com destaque para o cultivo de soja e milho (Garcia *et al.*, 2017).

Figura 11: Mapa com as variáveis utiliza 1



Fonte: Autora, 2024

Para fazer o comparativo das duas formas de aplicação da metodologia de Crepani foi definido os seguintes valores para cada variável.

Quadro 1 – Classes definidas para cada atributo presente na área de estudo

VARIÁVEL	ATRIBUTO	CLASSE
Geologia	Aluviões em terraços	3,0
	Coluviões derivados do Arenito Caiuá e Santo Anastácio	2,4
	Grupo Bauru- Formação Caiuá	2,0
	Grupo São Bento- Formação Serra Geral	1,7
Clima	Cfa	1,9
	Cfa/Cwa	1,6
	Cwa	1,4
Geomorfologia	Planalto de Apucarana	2,4
	Planalto de Campo Mourão	1,4
	Planalto de Maringá	1,7
Pedologia	Latosolo Vermelho	1,0
	Nitossolo Vermelho	1,7
	Neossolo Litólico	3,0
	Argissolo Vermelho	2,4
Vegetação	Floresta Estacional Semidecidual	1,5

Fonte: Autora, 2024

A partir desta tabela de pesos, foi possível aplicar a mesma metodologia com as mesmas classes para os dois modos, tanto o mapeamento tradicional pelas funções do QGIS e pelo *Eros*, para assim conseguir validar os dados e comparar, caso esteja utilizado de forma incorreta.

Para ambos os modos, foi necessário um pré-tratamento das variáveis antes de iniciar de fato o processamento. Esse pré-tratamento se dá pelo recorte da área de estudo por todas as variáveis, também escolha da coluna de atributos dentro dessas variáveis que será utilizada como base para definição de classes. Após essa fase inicial foi possível comparar os dois tipos de mapeamento.

### 5.2.2 Mapeamento Tradicional

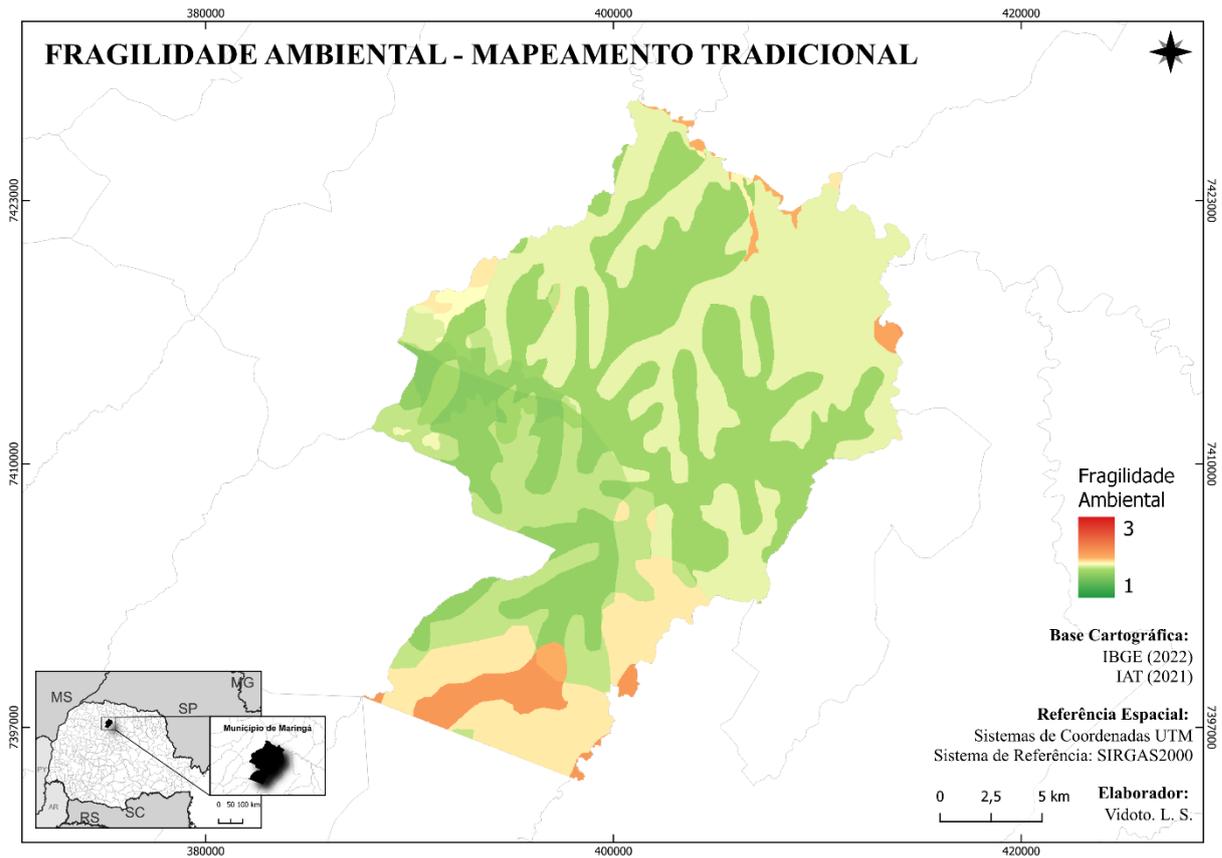
Para o mapeamento tradicional, foi necessário realizar uma série de passos previamente descritos na metodologia, os quais demandaram muito tempo e atenção para que fossem obtidos os resultados desejados.

O primeiro passo, após o pré-tratamento, consistiu em criar uma nova coluna dentro da tabela de atributos de cada variável, para que fosse possível classificar os respectivos atributos. Para isso, o usuário precisou iniciar a edição da tabela, optar pela função de criação de novo campo, definir o nome, a quantidade de caracteres e o tipo de dado (número inteiro, número decimal, texto etc.), para então classificar cada atributo da tabela com sua classe correspondente. Esse procedimento foi repetido cinco vezes, uma para cada variável, até que todas fossem completadas.

Em seguida, foi necessário rasterizar os arquivos vetoriais a partir da coluna de classes criada anteriormente. No menu Raster do QGIS, utilizou-se a opção "converter vetor para raster". Selecionou-se essa ferramenta, escolheu a camada a ser rasterizada dentre todas presentes no projeto, definiu a resolução espacial horizontal e vertical, bem como a unidade georreferenciada a ser utilizada como base, para que a rasterização fosse concluída. Esse procedimento foi repetido para todas as variáveis.

Após o processo de rasterização de cada camada, o usuário precisou abrir a calculadora raster do QGIS, por meio do menu Raster, para calcular a fragilidade utilizando as camadas rasterizadas. Essas camadas foram selecionadas dentre todas presentes no projeto para que fosse aplicada a fórmula de Crepani *et al.* (2001). Assim, foi gerado o mapa de fragilidade ambiental de forma tradicional pelo software QGIS, conforme apresentado na figura 12.

Figura 12: Mapa síntese de fragilidade ambiental através do mapeamento tradicional.



Fonte: Autora, 2024.

### 5.2.3 Mapeamento através do Plugin Eros

Para o mapeamento de fragilidade ambiental realizado pelo *plugin Eros*, foi necessário realizar o pré-tratamento previamente descrito para que o *plugin* fosse utilizado de forma correta e fluida. O primeiro passo, após o pré-tratamento, consistiu em iniciar o *plugin* selecionando a quantidade de camadas utilizadas. No caso do mapa de fragilidade ambiental, segundo Crepani *et al.* (2001), foram escolhidas cinco variáveis. A partir dessa seleção, o *plugin* compreendeu que seriam realizados cinco processamentos diferentes com as variáveis correspondentes.

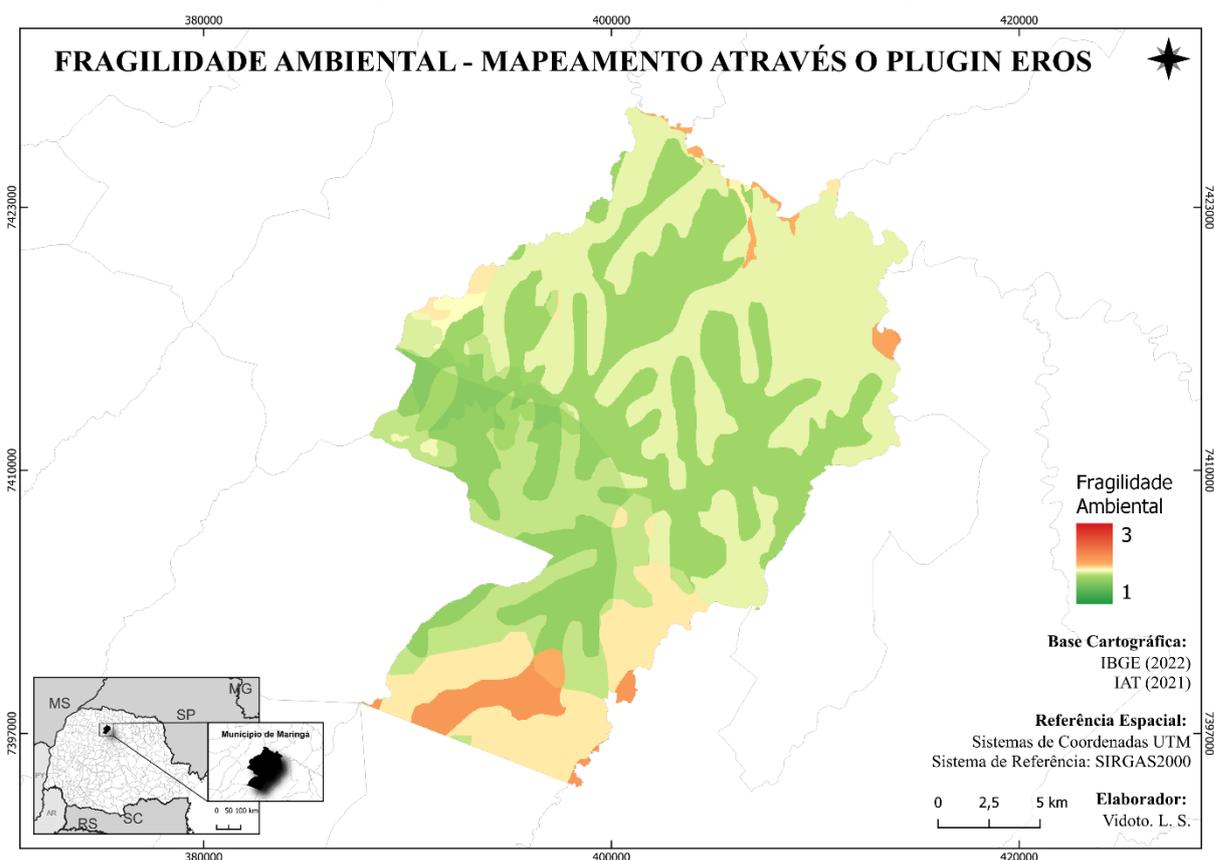
Posteriormente, foi necessário indicar o primeiro arquivo e seu respectivo nome para identificação e geração de camadas temporárias futuras. Em seguida, o *plugin* processou a camada que o usuário indicou, de forma automática, a coluna destinada às classes, permitindo que as classes desejadas fossem inseridas de forma prática e rápida, eliminando boa parte do tempo em comparação a esta mesma fase do mapeamento tradicional.

Caso o usuário optasse por definir a resolução espacial para rasterização do vetor, o *plugin* abria essa opção. No entanto, a resolução padrão foi utilizada, pois já se mostrava

adequada para a escala necessária. Após isso, o *plugin* processou a variável e gerou uma nova camada temporária com o nome escolhido, precedido pelo prefixo do *plugin*, no caso, "eros". Essa mesma etapa foi repetida para todas as camadas restantes, sendo mais ágil e intuitivo para o usuário.

Por fim, logo após a rasterização de todas as camadas, o *plugin* abriu a calculadora raster, apresentando somente as camadas processadas e rasterizadas pelo *plugin*, para que fosse aplicada a fórmula de Crepani *et al.* (2001). Assim, foi gerado o mapa de fragilidade ambiental, pelo *Eros* no software QGIS, conforme apresentado na figura 13.

Figura 13: Mapa síntese de fragilidade ambiental através do plugin Eros.



Fonte: Autora, 2024.

## 6. DISCUSSÃO

O *Eros* no QGIS mostrou ser uma ferramenta eficiente para simplificar e acelerar o mapeamento e a análise do território por meio da álgebra de mapas, sendo constatado através da aplicação do estudo de caso. Com a utilização do *plugin*, houve uma redução no tempo necessário para operações e processamentos, além de proporcionar uma interface intuitiva e fácil de usar, acessível para todos os tipos de usuários, abrangendo desde os mais experientes

até os com menor familiaridade técnica. Essa simplicidade foi um dos principais objetivos do trabalho, tendo a interface e a experiência do usuário como prioridades para que alcançasse este resultado, necessitando que o *plugin* fosse refeito algumas vezes até chegar no produto atual, ocasionando em ferramentas avançadas mais acessíveis no campo do geoprocessamento.

A interface do usuário foi pensada buscando definir nomes para dados vetoriais e rasterizados de forma personalizada, além da escolha de quantidade de variáveis, para que cada usuário possa trabalhar de várias maneiras diferentes, projetos que utilizam a álgebra de mapas. Posteriormente, permitindo o processamento individual de cada camada de forma diferenciada de vetor para raster, dando a possibilidade de escolher sua própria resolução espacial (vetor), atribuição de classes (vetor) e reclassificação (raster), de forma particularizada, possibilitando a personalização pelo usuário.

Por fim, foi apresentada uma interface para entrada de expressões disponibilizando somente os arquivos que o próprio *plugin* gerou, para que o usuário saiba de forma visual as camadas que precisam ser calculadas, para gerar a álgebra de mapas desejadas. As ferramentas dispostas desta maneira desempenham um papel fundamental para garantir que os usuários possam realizar operações complexas de análise espacial de maneira eficiente.

O desenvolvimento do *plugin* foi baseado na experiência do usuário de uma forma que seja intuitiva, com botões rotulados de forma clara e em português - BR, facilitando o uso, especialmente para usuários iniciantes. Além disso, permitir que o usuário escolha sua própria função, baseada em metodologias ou não. Este tópico de experiência do usuário é necessário continuidade para que fique cada vez melhor a usabilidade do *plugin*.

Fica como sugestão para melhoria da interface e experiência do usuário mensagens compreensíveis e específicas que ajudam os usuários a corrigir expressões incorretas rapidamente, como alerta de erros, opção para visualizar os resultados antes de aplicar mudanças definitivas, a possibilidade de acessar o histórico de expressões para reutilizar cálculos anteriores, as opções de arrastar e soltar camadas raster e operadores diretamente no campo de expressão e por fim, um tutorial embutido no *plugin* através de um Botão “Ajuda” com o passo a passo da utilização do *plugin* e também exemplos práticos de álgebra de mapas.

Na análise dos resultados do estudo de caso, foi observado que os mapas gerados de fragilidade ambiental do município de Maringá, feita através da metodologia de Crepani *et al.* (2001), não houve divergência entre o procedimento tradicional e a álgebra de mapas através do *Eros*. Com isso fica evidenciado que o *plugin* alcança os resultados esperados de uma álgebra de mapas, feito de forma rápida e prática, mas que mantém o mesmo resultado.

Foi constatado a partir da experiência com dois métodos que o tempo de processamento entre o método tradicional é muito maior do que o uso do *Eros*, devido a condensação de todas as tarefas provenientes da álgebra de mapas estar concentrada em um *plugin*, enquanto o método tradicional o usuário teria que utilizar ferramentas distintas no QGIS. A aplicabilidade do *plugin* permite sua utilização para outros modelos de análise de fragilidade ambiental e outras muitas análises do meio social, econômico e físico.

Embora o *plugin* tenha sido eficaz, desafios relacionados à compatibilidade com versões anteriores a 3.0 do QGIS foram observados, sugerindo a necessidade de atualizações contínuas para manter sua funcionalidade. Além disso, recomenda-se a continuidade do trabalho, para validação e aprovação do *plugin* para usuários de QGIS que utilizam em seu cotidiano, bem como estudantes da graduação de Geografia, ampliando ainda mais sua relevância e alcance.

## 7. CONCLUSÃO

Dado o exposto, o presente trabalho introduziu uma ferramenta que tem o potencial de aprimorar a criação de produto advindo da cartografia de síntese, elaborando assim um *plugin* com foco em otimizar os processos da álgebra de mapas. O *Eros* tem como objetivo fazer uma série de processamentos de dados vetoriais e rasterizados, abrangendo as principais extensões utilizadas para este estudo. Além disso, ele disponibiliza que o usuário possa escolher seus próprios critérios e metodologias, utilizando dados e expressões matemáticas personalizadas para cada caso utilizado.

O *plugin* foi analisado a partir da comparação do uso de dois modos de mapeamento do estudo de caso, aplicado sob a fragilidade ambiental do município de Maringá. Foi possível observar que o *plugin* obteve os mesmos resultados em comparação com o modo de mapeamento tradicional do QGIS, ou seja, que ele está apto para ser utilizado para a álgebra de mapas.

É importante ressaltar que, embora os dados sejam confiáveis, sendo obtidos através do teste realizado do estudo de caso, a falta de validação por meio de usuários representa um fator crítico a ser considerado. Por causa disso, a experiência e interface do usuário foram determinantes para o desenvolvimento do *Eros*, com cada etapa do *plugin* sendo pensada a partir dessa experiência. Salienta-se que, como já evidenciado, o *plugin* é passível de alterações, tanto na sua interface, quanto em sua validação por usuários. Portanto, é essencial realizar testes precisos e atualizações periódicas nos arquivos disponibilizados para garantir a eficácia do produto.

Prevê-se que as ferramentas desenvolvidas neste trabalho desempenham um papel significativo na criação de novos resultados através da álgebra de mapas, com o objetivo de otimizar e facilitar as etapas de processamento. O *Eros* ainda não está disponível para download pois ainda precisa ser validado através dos critérios já citados anteriormente. Adicionalmente, há expectativa de que este *plugin* em breve esteja disponível no repositório de complementos do QGIS.

## 8. REFERÊNCIAS

BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. São José dos Campos: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, 1999.

CÂMARA, Gilberto; BARBOSA, Cláudio Clemente; CORDEIRO, João Pedro; LOPES, Eymar; FREITAS, Ubirajara Moura de; LUCENA, Ivan. Álgebra de mapas. São José dos Campos: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. B. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, 2001.

GARCIA, L. M.; ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, L. A. 2017. Flora vascular de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Maringá, Paraná, Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** 10, 501-532.

GONÇALVES, G.G.G.; DANIEL, O; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; ARAI, F.K. **Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas**. Floresta. Curitiba, PR, v.41, n.4, p.797-808, out/dez 2011.

JESUS, C. F. P.; DIAS, N. W.; CRUZ, M. A. S. Vulnerabilidade socioambiental na Bacia do Rio Japarutuba em Sergipe a partir da álgebra de mapas. Viçosa, MG. **Engenharia na Agricultura**, 2013.

MINAKI, C.; MONTANHER, O. C. Influência do El Niño-Oscilação Sul na precipitação em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 20, n. 69, p. 266-281, 2019.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. 2024. Disponível em <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 14 de dez. de 2024.  
ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Uberlândia, MG, **Revista do Departamento de Geografia**, (2005).

ROSA, Roberto. Introdução ao Geoprocessamento. Uberlândia, MG; Universidade Federal de Uberlândia (UFU), **Revista do Departamento de Geografia**, 16 81-90, (2005).

ROSS, Juradyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. São José dos Campos: **Departamento de Geografia (USP)**, 1994.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a Cartografia de Síntese com atributos quantitativos via Álgebra de mapas e análise multicritério. Curitiba, PR. Universidade Federal do Paraná (UFPR); **Boletim geográfico de Maringá**, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.

SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Cartografia Temática. (Primeira Edição). Curitiba, PR, Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFPR).

## APÊNDICE

/\*\*\*\*\*

SuscetibilidadeErosao

A QGIS plugin

Plugin para a suscetibilidade a erosao

Generated by Plugin Builder: <http://g-sherman.github.io/Qgis-Plugin-Builder/>

----- begin : 2024-09-18

git sha : \$Format:%H\$

copyright : (C) 2024 by Lorena S. Vidoto

email : ra125860@uem.br

\*\*\*\*\*/

/\*\*\*\*\*/

\*

\*

\* This program is free software; you can redistribute it and/or modify \*

\* it under the terms of the GNU General Public License as published by \*

\* the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or \*

\* (at your option) any later version. \*

\*\*\*\*\*/

"""

from qgis.PyQt.QtCore import QSettings, QTranslator, QCoreApplication, QVariant

from qgis.PyQt.QtGui import QIcon

from qgis.PyQt.QtWidgets import QAction, QMessageBox, QDialog

from qgis.core import QgsRasterLayer, QgsVectorLayer, QgsField, QgsProcessingUtils,  
QgsProject

from qgis.analysis import QgsRasterCalculator, QgsRasterCalculatorEntry

from .resources import \*

from .suscetibilidade\_erosao\_dialog import SuscetibilidadeErosaoDialog

from .tela\_config\_shapefile import TelaConfigShapefile

from .tela\_selecao\_camada import TelaSelecaoCamada

from .tela\_calculadora\_raster import TelaCalculadoraRaster

```

import os
import json
import processing

class SuscetibilidadeErosao:
    """
    Classe principal do plugin 'Suscetibilidade à Erosão'.
    Responsável por gerenciar a interface gráfica e a lógica de processamento.
    """

    def __init__(self, iface):
        """
        Inicializa o plugin e configura o idioma e os caminhos principais.

        :param iface: Interface do QGIS para integração com o plugin.
        """
        self.rasters = [] # Lista para armazenar camadas raster processadas
        self.iface = iface # Referência à interface principal do QGIS
        self.plugin_dir = os.path.dirname(__file__) # Diretório do plugin
        self.resolucao = 30

        # Configuração de idioma
        locale = QSettings().value('locale/userLocale')[0:2]
        locale_path = os.path.join(
            self.plugin_dir,
            'i18n',
            f'SuscetibilidadeErosao_{locale}.qm'
        )
        if os.path.exists(locale_path):
            self.translator = QTranslator()
            self.translator.load(locale_path)
            QApplication.installTranslator(self.translator)

```

```

# Inicialização de atributos do plugin
self.actions = [] # Lista de ações criadas pelo plugin
self.menu = self.tr(u'&Eros') # Nome do menu do plugin
self.first_start = None # Indica o estado inicial
self.camadas_processar = [] # Lista de camadas a serem processadas

def tr(self, message):
    """
    Método para traduzir mensagens com base no idioma configurado.

    :param message: Texto a ser traduzido.
    :return: Texto traduzido.
    """
    return QApplication.translate('SuscetibilidadeErosao', message)

def add_action(
    self,
    icon_path,
    text,
    callback,
    enabled_flag=True,
    add_to_menu=True,
    add_to_toolbar=True,
    status_tip=None,
    whats_this=None,
    parent=None
):
    """
    Adiciona uma ação ao menu ou à barra de ferramentas do QGIS.

    :param icon_path: Caminho do ícone.
    :param text: Texto descritivo da ação.
    :param callback: Função a ser executada quando a ação for acionada.

```

```

:param enabled_flag: Define se a ação está habilitada.
:param add_to_menu: Adiciona a ação ao menu do plugin.
:param add_to_toolbar: Adiciona a ação à barra de ferramentas do QGIS.
:param status_tip: Dica de status exibida ao passar o mouse.
:param whats_this: Texto de ajuda adicional.
:param parent: Referência ao elemento pai.
:return: Objeto QAction criado.
"""

icon = QIcon(icon_path)
action = QAction(icon, text, parent)
action.triggered.connect(callback)
action.setEnabled(enabled_flag)

if status_tip:
    action.setStatusTip(status_tip)

if whats_this:
    action.setWhatsThis(whats_this)

if add_to_toolbar:
    # Adiciona o ícone do plugin à barra de ferramentas
    self.iface.addToolBarIcon(action)

if add_to_menu:
    # Adiciona a ação ao menu do plugin
    self.iface.addPluginToMenu(self.menu, action)

self.actions.append(action)
return action

def initGui(self):
    """
    Inicializa a interface gráfica do plugin.

```

```

Adiciona ícones e menus ao QGIS.
"""
icon_path = './plugins/susctibilidade_erosao/icon.png'
self.add_action(
    icon_path,
    text=self.tr(u'Susctibilidade a Erosao'),
    callback=self.run,
    parent=self.iface.mainWindow()
)
self.first_start = True # Sinaliza o primeiro uso do plugin

def unload(self):
    """
    Remove as ações e os ícones do plugin ao descarregar.
    """
    for action in self.actions:
        self.iface.removePluginMenu(self.tr(u'&Eros'), action)
        self.iface.removeToolBarIcon(action)

def configura_quantidade_camadas(self):
    """
    Configura a quantidade de camadas a serem processadas.
    """
    self.dlg.quantidadeCamadas.clear()
    self.dlg.quantidadeCamadas.addItem([str(x) for x in range(2, 11)])
    self.dlg.label.setVisible(False)
    self.dlg.lineEdit.setVisible(False)
    self.dlg.lineEdit.setText(str(self.resolucao))

    self.dlg.checkBox.toggled.connect(self.mostra_campos)

    self.dlg.adjustSize()

```

```

def mostra_campos(self, marcado):
    self.dlg.label.setVisible(marcado)
    self.dlg.lineEdit.setVisible(marcado)

def processa_camadas(self):
    """
    Processa as camadas seleccionadas pelo usuário.
    Lida com a rasterização e reclassificação.
    """
    self.resolucao = int(self.dlg.lineEdit.text())
    quantidade = int(self.dlg.quantidadeCamadas.currentText())

    for i in range(quantidade):
        while True:
            tela = TelaSelecaoCamada(primeiro=i == 0)
            resposta = tela.exec_()

            # Se o usuário cancelar
            if not resposta:
                return False

            # Se o usuário voltar à tela inicial
            if tela.obter_estado():
                return True

            resultado = tela.obter_resultado()
            estado = self.obter_raster(resultado[0], resultado[1])

            if estado == "RASTERIZADO":
                break

            if estado in ("INICIO", "SAIR"):
                return estado == "INICIO"

```

```

if not self.rasters:
    return False

expressao = self.obter_expressao_raster()
if expressao == "INICIO":
    return True

self.executar_calculadora_raster(expressao)

def executar_calculadora_raster(self, expressao):
    """
    Executa a calculadora raster com base na expressão fornecida.

    :param expressao: Expressão de cálculo raster.
    """
    pasta_temporaria = QgsProcessingUtils.tempFolder()
    caminho_saida_raster = os.path.join(pasta_temporaria, 'final.tif')

    entradas = []
    for raster in self.rasters:
        entrada = QgsRasterCalculatorEntry()
        entrada.ref = f"{raster.name()}@1"
        entrada.raster = raster
        entrada.bandNumber = 1
        entradas.append(entrada)

    calculadora = QgsRasterCalculator(
        expressao,
        caminho_saida_raster,
        'GTiff', # Formato de saída
        self.rasters[0].extent(), # Extensão do raster de saída
        self.rasters[0].width(), # Largura em pixels

```

```

        self.rasters[0].height(), # Altura em pixels
        entradas
    )

    resultado = calculadora.processCalculation()

    if resultado == QgsRasterCalculator.Success:
        raster_final = QgsRasterLayer(caminho_saida_raster, "Eros Fragilidade")
        if raster_final.isValid():
            QgsProject.instance().addMapLayer(raster_final)

def abrir_reclassificar_por_tabela(self, caminho_raster, nome):
    """
    Reclassifica um raster com base em uma tabela de valores.

    :param caminho_raster: Caminho do arquivo raster a ser reclassificado.
    :param nome: Nome do raster reclassificado.
    """
    pasta_temporaria = QgsProcessingUtils.tempFolder()
    caminho_saida_raster = os.path.join(pasta_temporaria, f"eros_{nome}_reclassified.tif")
    # Demais detalhes no processamento
    try:
        parametros = {
            'INPUT_RASTER': caminho_raster,
            'RASTER_BAND': 1, # Banda padrão
            'NODATA_FOR_MISSING': True,
            'NO_DATA': 0, # Valor para NoData
            'RANGE_BOUNDARIES': 0, # Limites inferiores inclusivos
            'OUTPUT': caminho_saida_raster
        }

        # Abre a interface de reclassificação
        processing.execAlgorithmDialog("native:reclassifybytable", parametros)

```

```

raster_final = QgsRasterLayer(caminho_saida_raster, f"{nome} reclassificado")

if raster_final.isValid():
    self.rasters.append(raster_final)
    QgsProject.instance().addMapLayer(raster_final)
    return "RASTERIZADO"
else:
    return "INICIO"
except Exception as e:
    print(f"Erro ao abrir: {e}")
    return "SAIR"

def obter_raster(self, caminho, nome):
    """
    Processa um raster ou vetor, incluindo sua rasterização ou reclassificação.

    :param caminho: Caminho do arquivo.
    :param nome: Nome da camada.
    :return: Estado do processamento (e.g., "RASTERIZADO", "INICIO", "SAIR").
    """
    if caminho == "":
        return "RASTERIZADO"

    if caminho.endswith(('.tif', '.img', '.asc')): # Arquivo raster
        return self.abrir_reclassificar_por_tabela(caminho, nome)

    # Caso seja um vetor, realiza a rasterização
    camada = QgsVectorLayer(caminho)

    if not camada.isValid():
        QMessageBox.critical(None, "Erro", "A camada vetorial não é válida.")
        return "SAIR"

```

```

campo = camada.fields()[0]
valores = sorted(filter(None,
camada.uniqueValues(camada.fields().indexOf(campo.name()))))

tela = TelaConfigShapefile(valores)

if not tela.exec_():
    return "INICIO"

if tela.obter_estado() == "VOLTAR":
    return ""

nova_tabela = tela.obter_dados_tabela()

camada.startEditing()

posicao_campo_antigo = camada.fields().indexOf("Classe")
camada.deleteAttribute(posicao_campo_antigo)

camada.addAttribute(QgsField("Classe", QVariant.Double))

nome_atributo = "Classe"
if camada.isEditable() or camada.startEditing():
    posicao = camada.fields().indexOf(nome_atributo)
    classificacao_name = camada.fields().at(0).name()

    if posicao == -1:
        print(f"Campo '{nome_atributo}' não existe!")
    else:
        for recurso in camada.getFeatures():
            classificacao = recurso[classificacao_name]
            if classificacao in nova_tabela:

```

```

        novo_valor = nova_tabela[classificacao]
        novo_valor = novo_valor.replace(",", ".")
        camada.changeAttributeValue(recurso.id(),posicao,float(novo_valor))

    if camada.commitChanges():
        print("Reclassificado com sucesso!")
    else:
        print("Erro ao salvar.")

pasta_temporaria = QgsProcessingUtils.tempFolder()
raster_final = os.path.join(pasta_temporaria, f"{nome}.tif")

parametros = {
    'INPUT': camada,
    'FIELD': "Classe",
    'UNITS': 1, # Pixels
    'WIDTH': self.resolucao,
    'HEIGHT': self.resolucao,
    'EXTENT': None,
    'NODATA': 0,
    'BURN':0,
    'USE_Z':False,
    'DATA_TYPE': 5, # Float32
    'OUTPUT': raster_final,
}

processing.run("gdal:rasterize", parametros)

camada_raster = QgsRasterLayer(raster_final, f"eros_{nome}")
if camada_raster.isValid():
    self.rasters.append(camada_raster)
    QgsProject.instance().addMapLayer(camada_raster)
    return "RASTERIZADO"

```

```

else:
    return "SAIR"

def run(self):
    """
    Inicia o diálogo principal do plugin.
    """
    self.dlg = SuscetibilidadeErosaoDialog()
    self.rasters = []
    self.executa()

def obter_expressao_raster(self):
    """
    Obtém a expressão a ser usada na calculadora raster.

    :return: Expressão de cálculo ou "INICIO" se o usuário cancelar.
    """
    tela = TelaCalculadoraRaster(self.rasters)
    if tela.exec_() == QDialog.Accepted:
        return tela.obter_expressao()
    return "INICIO"

def executa(self):
    """
    Executa o fluxo principal do plugin.
    """
    self.dlg.show()
    self.configura_quantidade_camadas()
    self.dlg.button_box.clicked.connect(self.obter_camadas)

    result = self.dlg.exec_()
    if result:
        pass

```

```
def obter_camadas(self):  
    """  
    Obtém as camadas selecionadas pelo usuário e inicia o processamento.  
    """  
    self.dlg.hide()  
  
    if self.processa_camadas():  
        return self.run()
```