



Geoprocessamento para Estudos Ambientais com QGIS

FERNANDO BASQUIROTO DE SOUZA

ENGENHEIRO AMBIENTAL

Sumário

Introdução.....	4
Conceitos Basicos.....	5
Produção de Mapas.....	8
Antes de começar.....	8
Organização dos seus dados.....	10
Interface do Software SIG.....	11
Mapas de Localização.....	13
Customizando Símbolos das Camadas Vetoriais.....	18
Gerenciador de Estilos.....	21
Camadas do Tipo Annotation.....	23
Delimitação da Área de Estudo.....	24
Ferramentas de Vetorização Avançada.....	25
Buffer, ou raio do empreendimento.....	25
Bacia Hidrográfica.....	26
Delimitação Automática de Bacia Hidrográfica.....	28
APP de Margens de Rios e Nascentes.....	29
APP de Topo de Morro.....	31
Hipsometria e Declividade.....	34
Gerando MDT a partir das Curvas de Nível.....	36
União de Arquivos Rasters.....	36
Mapa de Fotos Orientadas.....	38
Georreferenciamento de Imagens.....	41
Cobertura e Uso do Solo.....	43
Cálculo de Áreas.....	46
Extração de Vértices e suas Coordenadas.....	49
Cálculo de Volumes.....	52
Mapa de Fragilidade Ambiental.....	57
Camada de Declividade.....	57
Camadas de Uso do Solo e Áreas de Risco.....	59
Unindo as camadas e gerando o mapa de fragilidade.....	62
Importação de arquivos do AutoCAD.....	64
Considerações Finais.....	66
Referências Consultadas.....	66
ANEXO I - SAGA.....	67
Plugin Processing SAGA NextGen no QGIS.....	67
Delimitação automática de Bacias Hidrográficas.....	67

Introdução

Abra qualquer estudo de impacto ambiental e você encontrará um mapa. Mapas são utilizados para representar dados espaciais e são essenciais em Estudos de Impacto Ambiental (EIA), Estudos Ambientais Simplificados (EAS) e até mesmo em Relatórios Ambientais Prévios (RAP).

Primeiramente, você vai querer saber onde fica o empreendimento e quais são as suas dimensões. Passar essa informação somente com texto é difícil, cabendo aos mapas a tarefa de comunicar quem será impactado pela nova atividade. Você já teve ter visto em matrículas de terrenos a descrição dos limites com ruas, rios, ou até mesmo com vértices e coordenadas e deve ter encontrado dificuldade em estabelecer as confrontantes sem o auxílio de um desenho.

Com um mapa, seria tudo mais fácil.

Conhecendo onde está o empreendimento, você vai querer saber se há outros processos ocorrendo no local, para que não ocorra conflitos futuros. E estamos só no começo.

Alternativas locacionais serão propostas, descrição do clima, geologia, geoformologia, pedologia, recursos hídricos, flora, fauna, socioeconômico, tudo isso pode ser facilmente obtido e representado usando mapas. Note que descrevemos quase todo um EIA.

Dante de tudo isso, montamos o curso de Geoprocessamento para Estudos Ambientais para que os profissionais que atuam na área de meio ambiente possam aprimorar seus trabalhos usando o principal software de geoprocessamento gratuito, o QGIS.

Aproveite.

Fernando Basquiroto de Souza

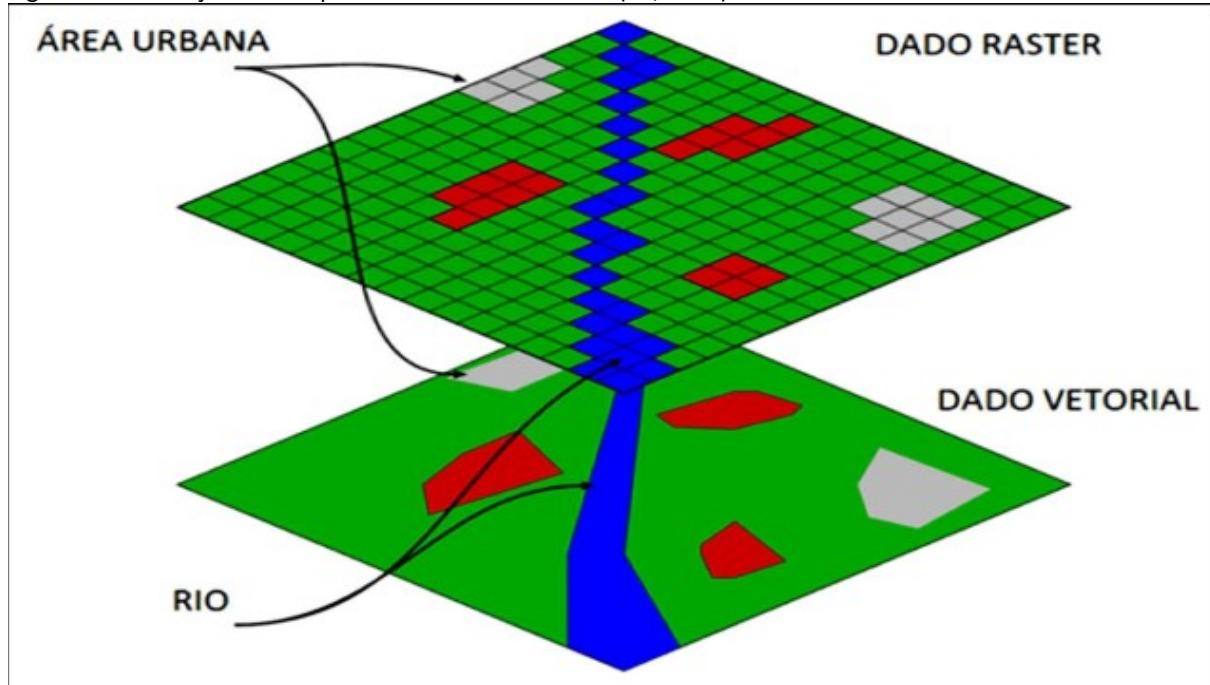
Conceitos Basicos

Antes de usarmos o QGIS, precisamos ter claro as principais definições de alguns termos aplicados no geoprocessamento. Abaixo temos uma lista destes termos.

- **Geoinformação:** Informação geográfica, representa qualquer dado que possa ser espacializado (EB, 2014).
- **Geoprocessamento:** Disciplina que usa técnicas computacionais e matemáticas para o tratamento de dados espaciais (EB, 2014).
- **Cartografia:** Conjunto de estudos que visam representar dados espaciais para elaboração de mapas (EB, 2014).
- **Geodésia:** Ciência que estuda a forma e as dimensões da Terra (EB, 2014).
- **Sistema de Informação Geográfica (SIG):** Ferramenta para análise, manipulação, produção, consultas, visualização e arquivamento de dados geoespaciais vetoriais e seus atributos. Pode trabalhar com dados matriciais, porém, há limitações (EB, 2014).
- **Processamento Digital de Imagens (PDI):** Ferramenta para manipulação de dados geoespaciais matriciais, de forma a extrair informações destes (EB, 2014).
- **Arquivo Vetorial (Shapefile):** Representação computacional de dados espaciais por meio de pontos, linhas ou polígonos, possibilitando associar atributos à essas feições (EB, 2014) (Figura 1). Os tipos de dados que podem ser associados aos atributos podem ser:
 - Inteiro (Integer): Números inteiros, podendo ser curtos (pequenos valores) ou longos (grandes valores);
 - Flutuante (Float): Números decimais curtos;
 - Duplo (Double): Números decimais longos;
 - Texto (Text): Qualquer tipo de caracter;
 - Data (Date): Datas.
- **Arquivo Matricial (Raster):** Representação computacional de dados espaciais por meio de uma malha quadriculada (ou matriz), onde à cada célula (pixel) é associado um valor ou código (EB, 2014) (Figura 1).
- **Produto Geoespacial Básico:** Produtos com dados básicos, tais como imagem georreferenciada; modelo digital do terreno (MDT) ou de elevação (MDE), ou ainda, de superfície (MDS); e imagem ortorretificada (ortoimagem)¹ (EB, 2014).
- **Produto Geoespacial Temático:** Produtos desenvolvidos com dados específicos para um determinado tema, tais como mapa hipsométrico; mapa de risco de inundação; e mapa de uso e cobertura do solo (EB, 2014).
- **Dados Geoespaciais Básicos:** Representam informações genéricas, tais como imagem georreferenciada e modelo digital do terreno (EB, 2014).
- **Dados Geoespaciais Temáticos:** Representam conjunto da dados que descrevem um determinado fenômeno ou grandeza física, tais como vegetação ou classe do solo (EB, 2014).

¹ Toda ortoimagem é uma imagem georreferenciada, mas o inverso não é verdadeiro (EB, 2014, pg. 5-5).

Figura 1 - Diferença entre arquivos matriciais e vetoriais (EB, 2014).



- **Sensoriamento Remoto:** Conjunto de técnicas para obtenção de informações referente à um objeto sem tocá-lo (EB, 2014).
 - Resolução Espectral: Quantidade e largura das bandas que o sensor consegue definir. As bandas se referem à intervalos de comprimento de ondas no espectro eletromagnético (LGA/UFJF, 2011).
 - Resolução Espacial: Tamanho dos pixels nas imagens matriciais. Quanto menor o pixel, maior detalhamento há na imagem (LGA/UFJF, 2011).
 - Resolução Radiométrica: Os sensores têm um limite de armazenamento para diferentes graus de cinza em cada pixel, e isto é mensurado em bits. Por exemplo, sensores de 8 bits têm resolução radiométrica de 2^8 , correspondendo à 256 níveis de cinza (LGA/UFJF, 2011).
 - Resolução Temporal: Intervalo de tempo para que o satélite passe na mesma área novamente (LGA/UFJF, 2011).
- **Elementos Cartográficos:**
 - Título: Identifica, em poucas palavras, o fenômeno ou fenômenos que o mapa representa (ex. Mapa de Localização dos Focos de Incêndio; Mapa de Distribuição dos Pontos Amostrados);
 - Orientação: Representado pela rosa dos ventos (Norte) ou pela grade de coordenadas, visa demonstrando onde o mapa está localizado dentro de um sistema maior (isto é, o planeta Terra);
 - Legenda: Representação gráfica dos elementos apresentados no mapa, de forma a deixar claro para o leitor seu significado (é aplicado ao fenômeno estudado);
 - Convenções Cartográficas: Similar a legenda, é utilizada para representação de componentes gerais do mapa (que não fazem parte do fenômeno estudado, mas auxilia na interpretação do mapa);
 - Escala (Gráfica ou numérica): Relação matemática existente entre as dimensões (tamanho) verdadeiras de um objeto e sua representação (mapa).

- Selo: Espaço no mapa para detalhar informações como contratante, contratada, nome do projeto, profissional responsável pelo desenho, número da revisão, e outras informações.
- **Coordenadas:** Par de pontos (x, y) no espaço, podendo ser geográficas (onde a Terra é considerada uma esfera e unidade das coordenadas é expressa em graus, minutos e segundos ou em graus decimais) ou projetadas (onde a Terra é considerada um elipsoide de revolução, sendo criados modelos para sua representação em um plano, tendo como a projeção UTM a mais comum) (SADLER, 2018; SAMPAIO E BRANDALIZE, 2018).

Produção de Mapas

Antes de começar...

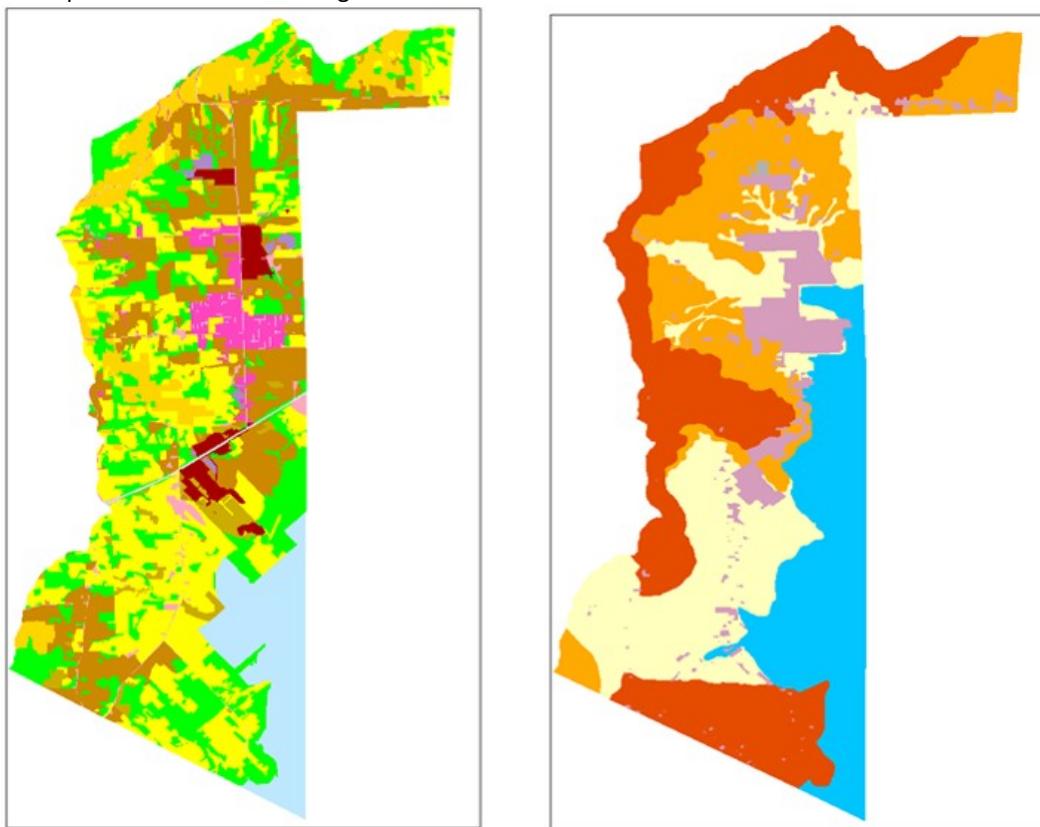
Antes de iniciar o seu mapa, pergunte a você mesmo: "O que irei representar?", "Qual escala irei adotar?". Essas perguntas te ajudam a definir quais elementos deverão constar no seu mapa e irão auxiliar na forma de representá-los.

Confira os mapas apresentados na Figura 2 e veja se você consegue identificar o que eles estão representando?

Os elementos cartográficos como legenda, escala e norte estão faltando, por isso, não é possível tirar conclusões sobre esses mapas, tornando eles inúteis.

Agora confira o mapa na Figura 3, nele, nós temos a legenda, norte e título. Já esta mais completo que o anterior, mesmo assim, poderíamos inserir ainda a escala (numérica ou gráfica). Note que as cores também auxiliam na noção de quem é maior e quem é menor².

Figura 2 - Mapas sem elementos cartográficos.

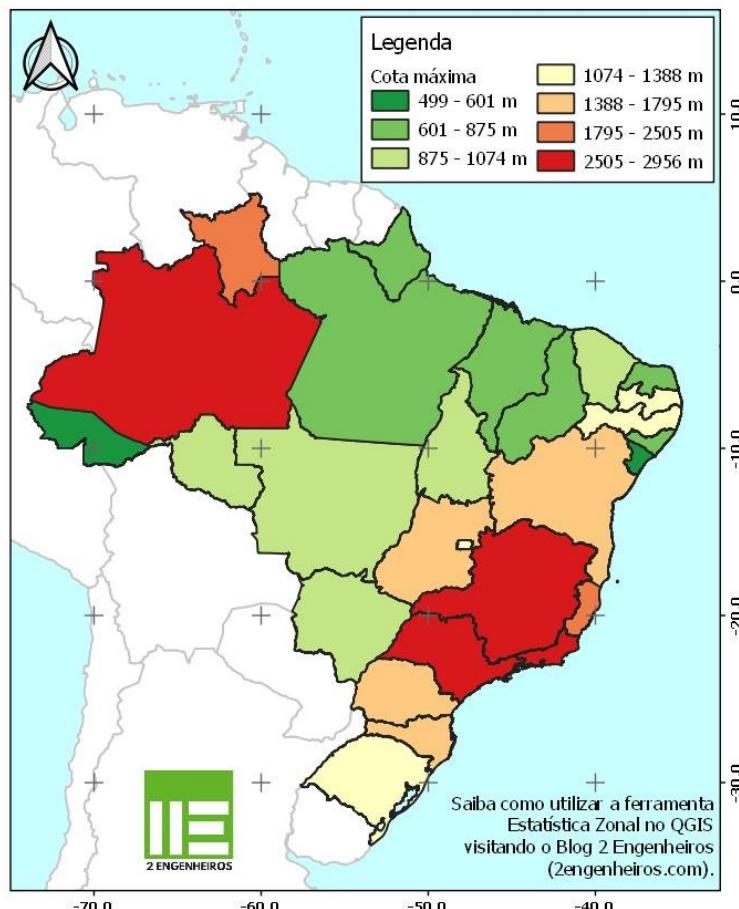


² O site Color Brewer 2.0 (<https://colorbrewer2.org>) fornece vários conjuntos de cores que podem ser adotados para os seus mapas, dando opções para pessoas que têm dificuldade em diferenciar cores e para ter uma impressão ou cópia com melhores resultados.

Figura 3 - Mapas com elementos cartográficos.

Cotas Máximas no Brasil por Estado

Quais são as cotas máximas nos estados brasileiros? Usando Modelo Digital do Terreno GLOBE e a ferramenta Estatística Zonal é possível descobrir. O mapa abaixo mostra o resultado.



Outro fator importante de se definir antes de iniciar seus mapas é estabelecer o sistema de referência³. Sabemos que as coordenadas representam um par de pontos no espaço (x, y), representando locais reais na superfície da Terra.

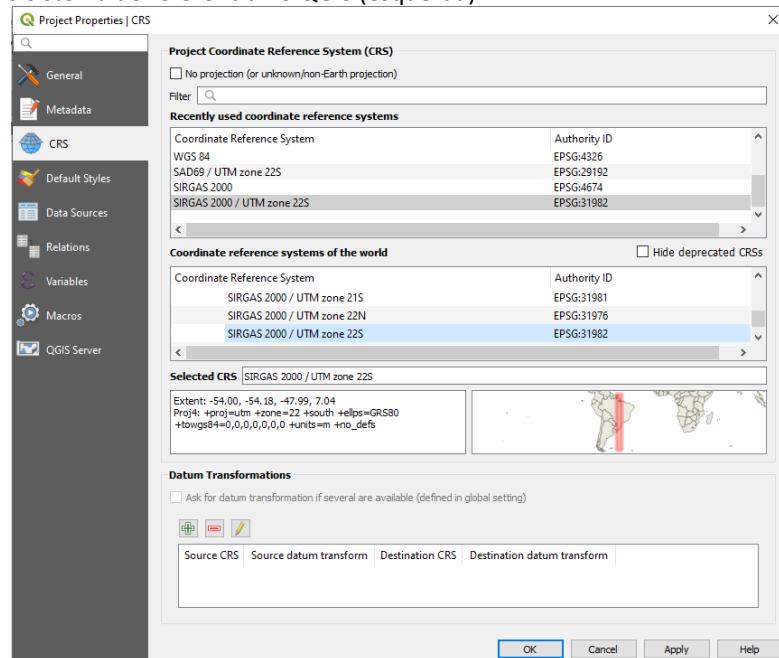
Entretanto, existem vários modelos de representação da superfície terrestre (e.g. elipsóide e geóide), sendo necessário estabelecer, por meio do sistema de referência, qual é este modelo e qual o seu datum (o qual identifica a origem, orientação das coordenadas e unidade de medida) (SADLER, 2018). Alguns exemplos de sistemas de referência são: SAD 69, WGS 82 e SIRGAS 2000 22 UTM.

Há ainda duas formas de representar os sistemas de referência, podemos representá-los como coordenadas geográficas ou projetadas.

Lembre-se que no Brasil, desde de 2015, o sistema de referência oficial é o SIRGAS 2000 (IBGE, 2015). A Figura 4 mostra a janela do QGIS onde é selecionado o sistema de coordenadas de referências.

³ No QGIS, você pode definir o sistema de coordenadas clicando em EPSG (no canto inferior direito), na aba CRS.

Figura 4 - Seleção do sistema de referência no QGIS (esquerda).



Cabe ainda comentar que o QGIS permite definir o Elipsóide que será utilizado para você realizar cálculos de distância e área, isto é, se essas medições irão considerar uma superfície curva ou plana. Essa configuração pode ser encontrada indo no menu Projetos > Propriedades, em seguida na aba Geral. Lá você encontrará a opção “Elipsóide (para cálculos de distância e área)”. Procure por “None / Planimetric” caso queira medidas em uma superfície plana.

Outra questão relacionada às projeções e datum, são as transformações. O QGIS mantém um conjunto de transformações padrões salvas no share\proj onde ele foi instalado. Você pode definir a transformação entre 2 datum a partir dessa lista existente em Configurações > Opções > SRC e Transformações. Outra opção nesse contexto é a criação de SRC próprios⁴.

Organização dos seus dados

Ao criar seu projeto, salve ele para poder futuramente retomar o seu trabalho. Diferente de outros softwares, onde tudo que é salvo dentro dele permanece no arquivo salvo, nos softwares de geoprocessamento isso não ocorre - Ele apenas cria uma conexão com o arquivo adicionado ao projeto, portanto, a organização dos seus arquivos no seu computador é fundamental.

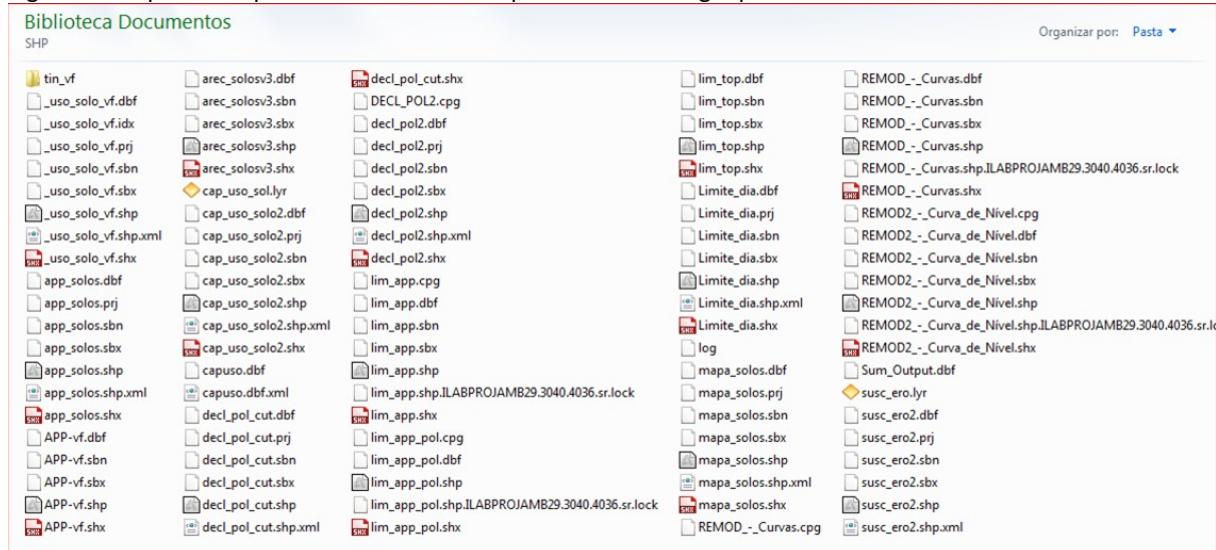
Há várias formas de organizar seus dados, porém, sugerimos algumas nos itens abaixo:

- Criar diferentes pastas para cada tipo de dado dentro da pasta do projeto, sendo usado em projetos pequenos. Exemplo de nome das pastas: CAD, IMG, SHP, TEMP, FINAL.
- Criar diferentes pastas para cada área temática, sendo usado em projetos médios. Exemplo de nome das pastas: Geologia, Hidrologia, Fauna.
- Criar diferentes pastas para cada mapa gerado, sendo usado em projetos médios e grandes. Exemplo de nome das pastas: Fig01-Localização; Fig02-Lavra; Anexo20-Decividade.

⁴ Veja como criar seu SRC em “Transformação de Sistemas de Referência de Coordenadas” por Sidney Goveia. <https://qgisbrasil.org/2015/02/25/qgis-2-8-transformacao-de-sistemas-de-referencia-de-coordenadas/>

Essas formas de organização irão facilitar seu trabalho, especialmente em situações onde você deverá atualizar mapas ou precisará corrigir algum dado do mapa. Na Figura 5 é possível visualizar a quantidade de arquivos gerados, demonstrando a importância da organização.

Figura 5 - Arquivos shapefiles e outros criados pelo software de geoprocessamento.

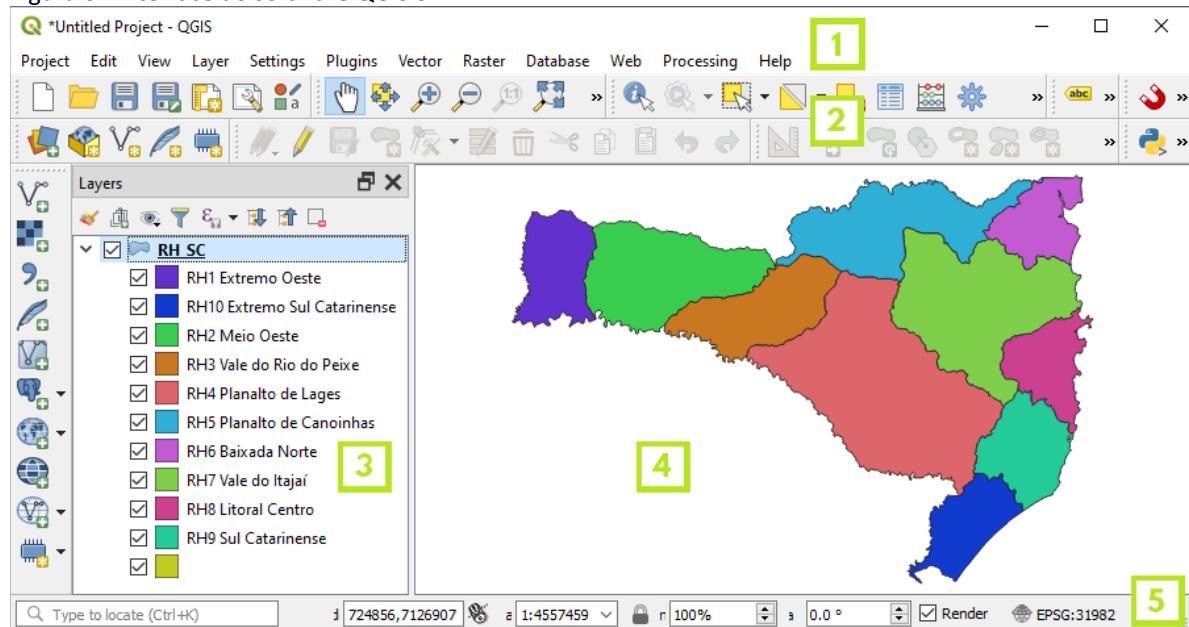


Interface do Software SIG

Embora sejam diferentes softwares, as interfaces adotadas tanto no QGIS ou outros softwares de SIG são semelhantes, salvo alguns softwares como o GRASS GIS, muitos dos softwares de geoprocessamento são similares. Basicamente, eles são constituidos pelos seguintes componentes:

1. Barra de menu: Localizada no topo da janela do programa, disponibiliza acesso aos menus relacionados ao projeto, edição, visualização, camadas, configurações e outros;
2. Barra de ferramentas (Toolbars): Normalmente encontra-se abaixo da barra de menu, facilitando acesso à ferramentas usadas com maior frequência, por meio de ícones e botões;
3. Painéis: Apresentam dados específicos do software ou do mapa, tais como tabela de conteúdo, lista de camadas, ferramentas de geoprocessamento ou catálogo de arquivos.
4. Visualização do mapa: Janela onde é apresentado os dados espaciais carregados.
5. Barra de Status: Disponibiliza várias informações, tais como seu sistema de coordenadas, coordenadas do ponteiro e se o software está processando algo.

Figura 6 - Interface do software QGIS 3.



Mapas de Localização

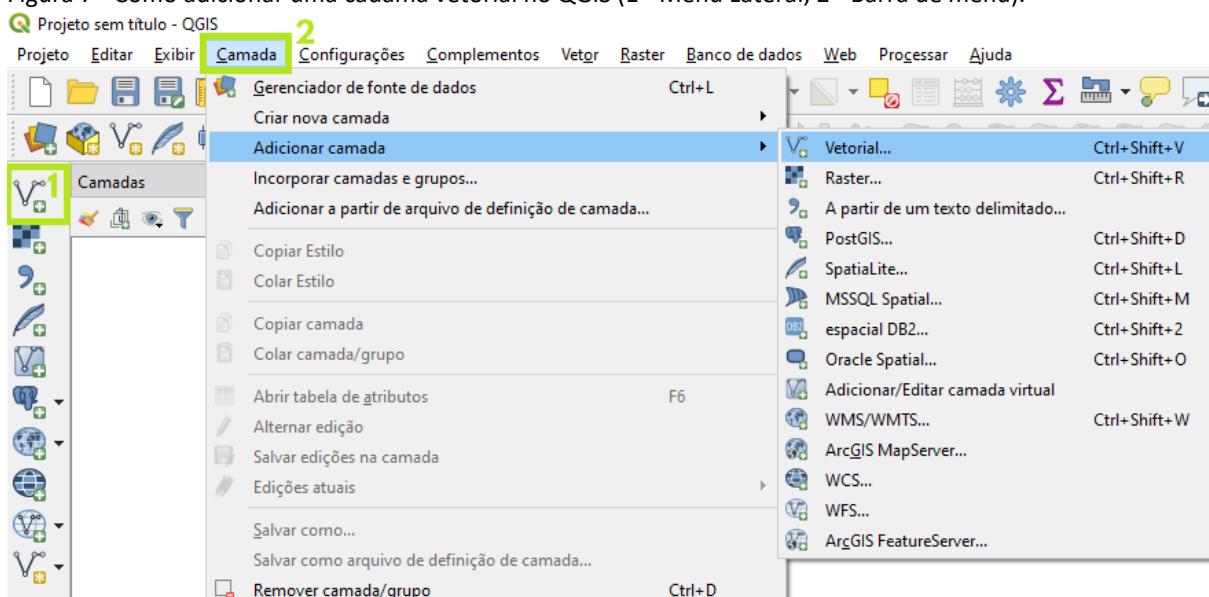
Toda área de estudo localiza-se em algum lugar. E para identificar esse lugar para o órgão ambiental ou outros profissionais, os mapas de localização são de grande ajuda. Para elaborar um, você precisará dos seguintes arquivos:

- Shapefile com a localização da sua área de estudo;
- Shapefile dos limites políticos municipais e estaduais;
- Shapefile dos limites dos países (opcional);
- Imagem aérea do município (opcional).

Com estes arquivos em mãos, você conseguirá facilmente criar um mapa de localização. Lembre-se que tais arquivos podem ser obtidos em sites como IBGE Malhas Digitais⁵ e Natural Earth⁶.

No QGIS, inicie a montagem do seu mapa de localização inserindo os shapefiles da localização da sua área de estudo, dos limites municipais e estaduais. Para isso, utilize o menu lateral à lista de camada ou vá na barra de menu em *Camada*, *Adicionar Camada* e clique em *Vetorial*. A Figura 7 mostra esses dois processos.

Figura 7 - Como adicionar uma camada vetorial no QGIS (1 - Menu Lateral; 2 - Barra de menu).



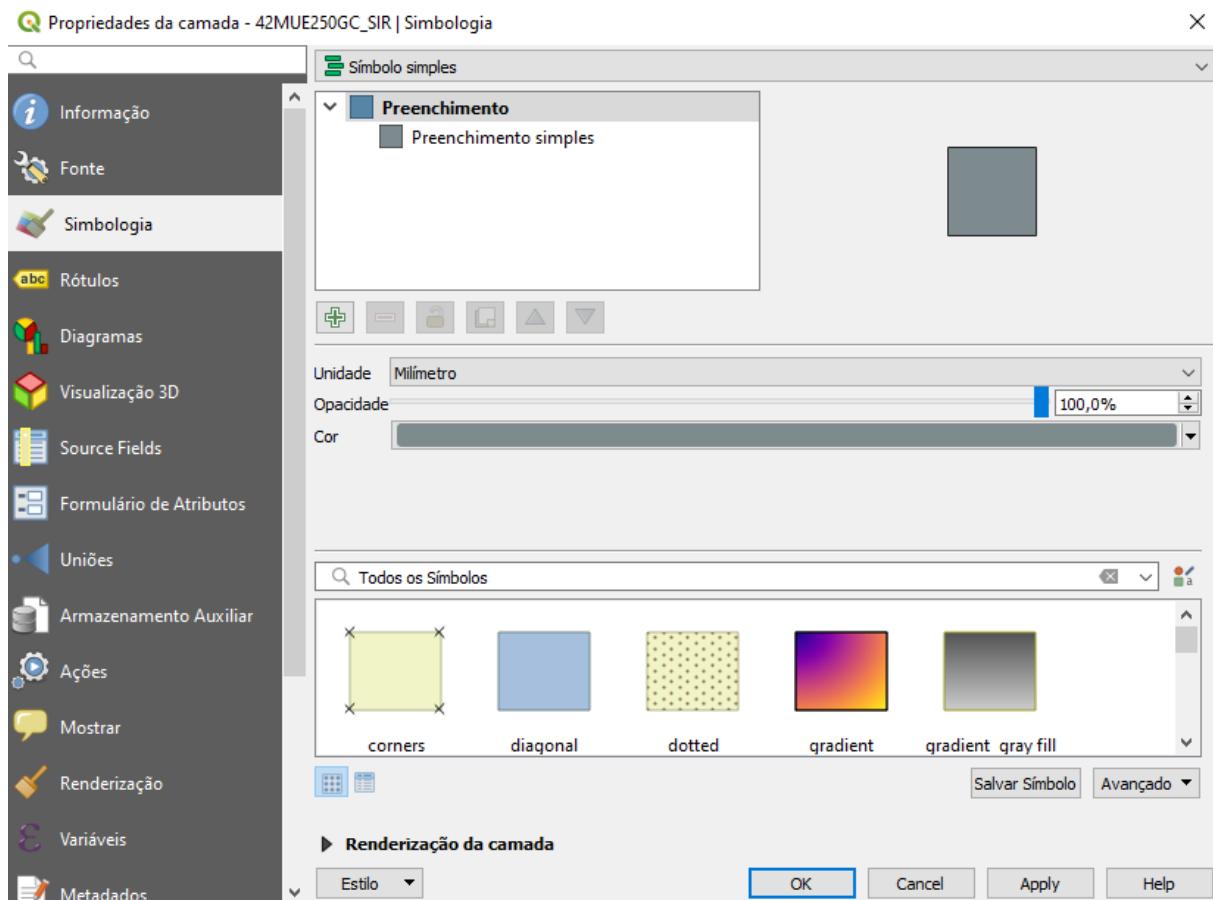
Em seguida, uma janela será aberta solicitando a localização do arquivo que você deseja adicionar. Basta buscar eles e adicione-os.

Antes de criar um novo layout de mapa, vamos configurar as cores (Símbologia) dos nossos shapefiles. Para editá-la, clique com o botão direito sobre o shapefile na lista de camadas e depois clique em *Propriedades*. Na janela que irá abrir, clique em *Símbologia*. Você terá algo semelhante ao apresentado na Figura 8.

⁵ <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>

⁶ <https://www.naturalearthdata.com/downloads/50m-cultural-vectors/50m-admin-0-countries-2/>

Figura 8 - Aba Simbologia de um shapefile no QGIS.



Neste menu, podemos selecionar como iremos representar nossos dados (sejam eles vetoriais ou matriciais). Para os shapefiles, podemos ter símbolos simples (onde todos os itens são representados de igual forma), categorizado (para representação de dados como nomes ou no formato de texto), graduado (para representação de dados numéricos), baseado em regra (onde utilizamos fórmulas para representar nossos dados), polígonos invertidos⁷ (para inverter o preenchimento dos polígonos existentes) e 2,5D (para representação de dados como colunas em 3D).

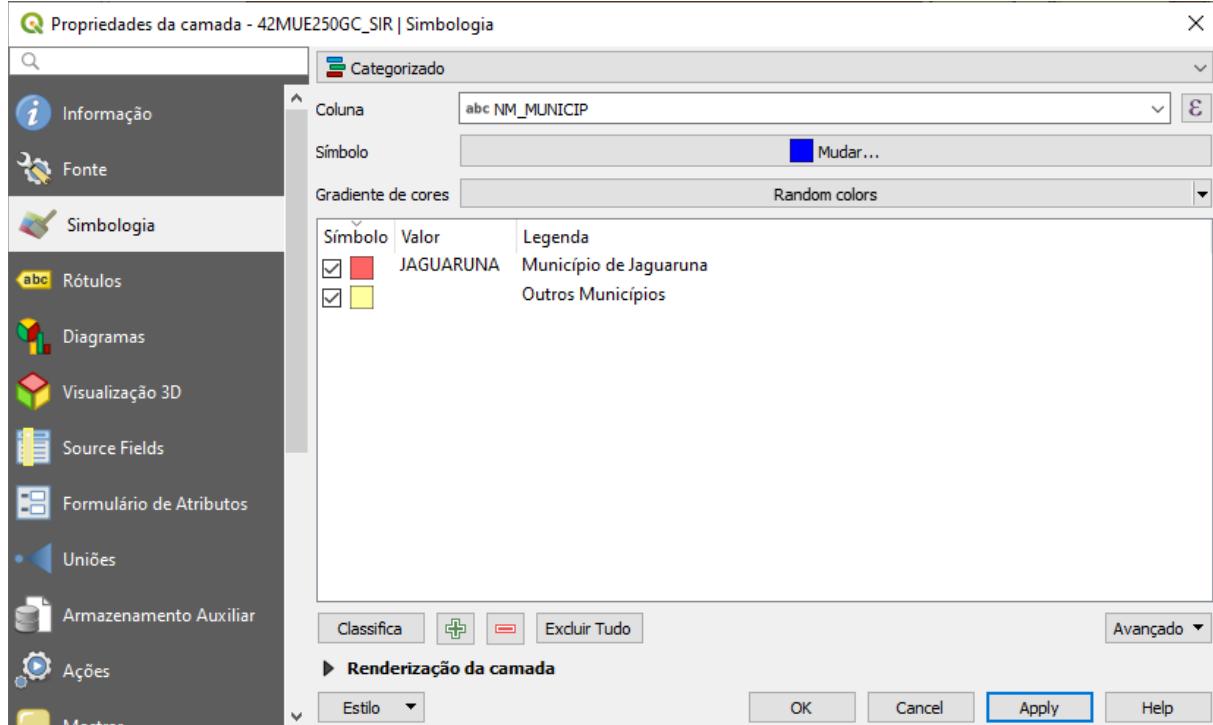
Para os mapas de localização, iremos utilizar a representação categorizada, pois nossos dados são os nomes dos municípios. O nome dos municípios esta na *Tabela de Atributos*, a qual guarda para cada feição (ponto, linha ou polígono) uma informação inserida pelo usuário.

Na Simbologia, ao mudarmos o item Símbolos Simples para Categorizado, um novo conjunto de opções será liberado e um deles permite selecionar qual coluna da tabela de atributos queremos selecionar para criar nossas categorias (para o shapefile disponibilizado pelo IBGE, essa coluna é chamada de NM_MUNICIP). Abaixo da lista de categorias, temos 4 botões (Classifica, +, - e Excluir Tudo), clique duas vezes no + para criar duas categorias vazias (dois quadrados irão aparecer na lista). Agora, dê dois clique no primeiro item em Valor e digite o nome do município que se encontra a sua área de estudo (neste caso, JAGUARUNA). Você ainda pode clicar duas vezes sobre os

⁷ Polígonos invertidos são uma ótima forma de criar máscaras para ocultar elementos do mapa que estão na parte exterior do polígono desenhado. Dessa forma, você não precisa recortar outros arquivos para não mostrar eles no mapa, basta aplicar a máscara com polígono invertido.

quadrados para alterar a sua cor e na coluna da legenda para definir o que irá aparecer na legenda quando essa camada for inserida nela. A Figura 9 mostra esse procedimento finalizado.

Figura 9 - Criação de itens categorizados na simbologia do QGIS.



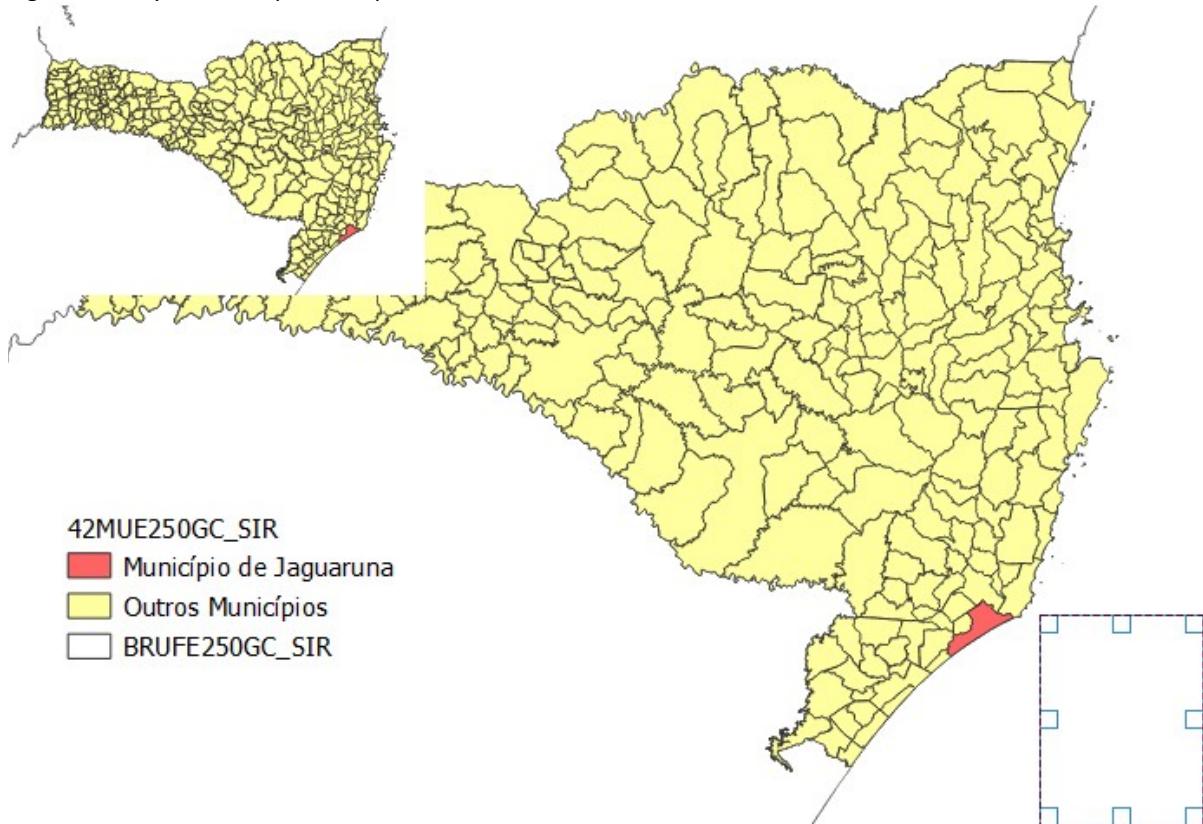
Para o shapefile dos limites estaduais, você pode manter sua representação como símbolos simples, bastante apenas que você modifique a sua coloração para que o visual do seu mapa de localização fique agradável.

Agora que já temos nossas camadas adicionadas e com suas simbologias definidas, vamos criar um layout de um mapa. Para isso, na barra de menu clique em *Projeto* e vá em *Novo Layout de Impressão*. Ao clicar neste item, o QGIS irá solicitar o nome deste layout e irá abrir uma nova janela para editarmos nosso layout. É nessa janela podemos inserir legendas, escalas, grade, entre outros itens. Lembre-se que tudo que você adicionar ao layout pode ser editado, basta você clicar sobre o item e as suas propriedades aparecerão na aba Propriedades do Item.

Para o nosso mapa de localização, vamos começar editando a nossa folha. Isso é realizado clicando com o botão direito do mouse sobre a folha e selecionando propriedades da página. As propriedades irão aparecer na aba Propriedades do Item. Vamos mudar o tamanho da página para A5 (Paisagem).

Com o tamanho da página definido, vamos adicionar os seguintes itens à folha: Mapa, Legenda e Imagem. Todos esses itens podem ser adicionados pelo menu *Adicionar Item*, disponível na barra de menu (ou pelos botões disponíveis na lateral esquerda desta janela). Como estamos montando um mapa de localização que mostrará o município e outro o estado inteiro, vamos adicionar dois mapas. No final deste processo, você terá algo como a Figura 10.

Figura 10 - Layout de mapa incompleto no QGIS.



Com os itens adicionados ao nosso mapa, vamos começar a editá-los. Vamos começar pela imagem, a qual utilizaremos para inserir nossa seta do Norte (rosa dos ventos).

Ao clicar sobre ela, nas suas propriedades, é possível buscar setas personalizadas de imagens que você baixou da internet (em *fonte da imagem*), mas o QGIS já tem algumas disponíveis em seu banco de dados. Para acessá-las, clique no item *Procurar diretórios*, o qual irá carregar um conjunto de imagens vetoriais que podem ser usadas, algumas delas são rosas do vento. Escolha uma. Também é possível alterar algumas das cores na caixa *Parâmetros SVG*.

O próximo item a ser editado será a nossa legenda. Clique sobre ela e poderemos editar propriedades como: Título, Alinhamento, Mapa, Quebra de texto, Itens da legenda, fontes e outros. O título da nossa legenda é *Legenda*. Desmarque a opção *Atualização Automática* para editarmos e renomearmos os itens da legenda. Adicione também uma *Moldura* e coloque como branco o *Plano de Fundo*, caso ele ainda não esteja como tal.

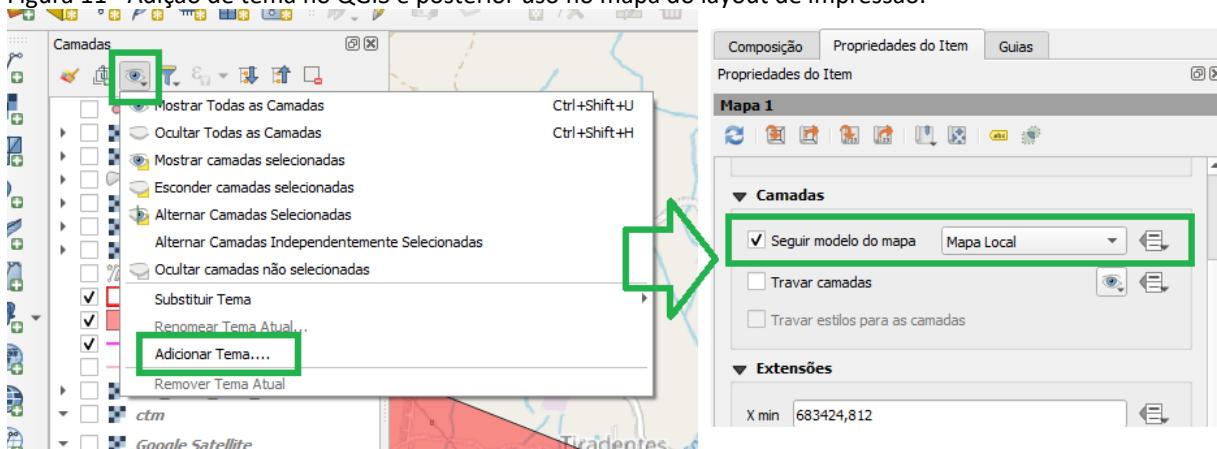
Por fim, vamos editar nossos dois mapas. Ao adicionar dois mapas, faça com que um deles seja pequeno (pois ele vai mostrar o estado inteiro) e outro grande (pois ele vai mostrar, com maior detalhe, o município da nossa área de estudo).

Vamos começar editando o pequeno (Lembre-se de desmarcar na lista de camadas a sua área de estudo, pois para esse mapa pequeno, não iremos mostrar ela).

No layout de mapas, clique sobre o mapa pequeno. Veja que ao selecionar o mapa, algumas propriedades disponíveis são Escala, Grades, Moldura e outros. Vamos começar marcando a caixa do item *Moldura* e em seguida, vamos marcar as caixas *Travar camadas* e *Travar estilos para as camadas*. Esse ultimo passo é importante pois ele congela o mapa, sendo que se fizermos outras modificações nele, esse mapa não irá mudar. Agora vamos ao mapa grande.

Em mapas simples, a opção de *Travar Camadas* e *Travar estilos para as camadas* pode ser suficiente, porém, recomenda-se o uso de temas para fixar quais camadas aparecem em cada mapa. Os temas salvam quais camadas estão ativas e quais estão desativadas (isto é, desligadas no mapa). Para você utilizar ele, você deve deixar somente ligado as camadas que você deseja salvar no tema, ir no *Gerenciar Temas do Mapa* e clicar em Adicionar Tema. A Figura 11 mostra como criar um tema e aplicar ele no mapa.

Figura 11 - Adição de tema no QGIS e posterior uso no mapa do layout de impressão.



Vamos dar um zoom e mover o que esta dentro desse mapa (de forma a destacar nosso município em estudo). Para isso, você pode clicar sobre o botão *Mover o conteúdo do item* (a Figura 12 mostra os botões para esse item e outros) para mover o mapa e o zoom você pode controlar pela escala do mapa (disponível nas propriedades do mapa).

Figura 12 - Botões disponíveis no layout de impressão do QGIS. 1 - Mover Layout/Folha; 2 - Zoom no Layout/Folha; 3 - Selecionar itens; 4 - Mover dentro do Mapa; 5 - Editar os vértices dos itens; 6 - Adicionar novos mapas ao layout; 7 - Adicionar mapa 3D; 8 - Adicionar imagem; 9 - Adiciona texto/rótulo; 10 - Adiciona legenda; 11 - Adiciona escala gráfica ou numérica; 12 - Adiciona forma; 13 - Adiciona seta; 14 - Adiciona linha ou polígono; 15 - Adiciona código HTML; 16 - Adiciona tabela de atributos.



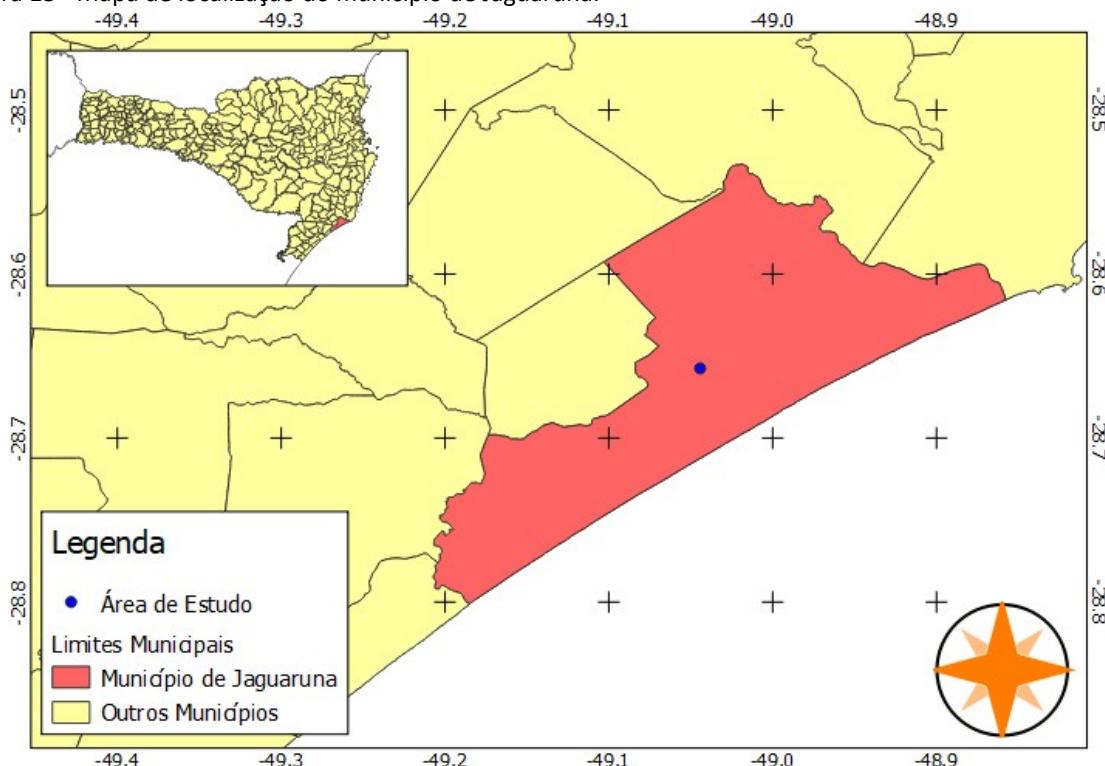
Após enquadrar o município em estudo, vamos adicionar uma grade ao nosso mapa. Nas propriedades do mapa, há o item *Grades*, onde podemos adicionar diferentes grades. Clique no mais (+), selecione a Grade 1 e vá em modificar a grade. Nas opções que aparecerem, você poderá editar o intervalo da grade (lembre-se que, por estarmos trabalhando numa escala de municípios, é primordial usarmos coordenadas geográficas), se as coordenadas devem aparecer (*Desenhar coordenadas*), fonte e precisão das coordenadas.

Cabe comentar que também é possível formatar o número que aparece na grade. Na configuração da grade, coloque no item *Desenhar Coordenadas*, o Formato como Padronizado, isso permitirá utilizar as expressões do QGIS. Assim, você pode utilizar a expressão

`format_number(@grid_number, 0, 'pt-br')` para que seus números fiquem sem casas depois da vírgula e apresentem a vírgula como separador decimal (e ponto como separador de milhar).

Depois disso tudo, ligue a camada da sua área de estudo (na lista de camadas) para mostrar a sua área de estudo dentro do município. Após todos esses procedimentos, você terá seu mapa de localização, conforme a Figura 13, o qual é obtido clicando em Compositor e selecionando qual formato você quer exportar o mapa (JPG ou PDF).

Figura 13 - Mapa de localização do município de Jaguaruna.

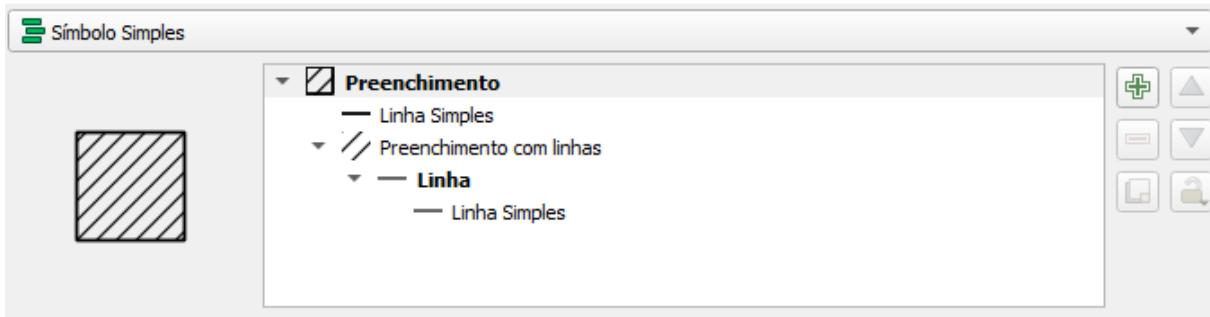


Podemos ainda acrescentar os nomes dos municípios ao nosso mapa. Para isso, volte ao QGIS e na lista de camadas, clique com o botão direito sobre o shapefile dos limites municipais e selecione *Propriedades*. Vá na aba *Rótulos* e selecione rótulos simples, e em *Rotular com* escolha a coluna com os nomes dos municípios. Nas caixas abaixo, é possível editar a formatação da fonte e como ela será disposta na feição.

Customizando Símbolos das Camadas Vetoriais

Além dos símbolos convencionais como pontos, linhas e polígonos, o QGIS permite customizar eles de diferentes formas. Nas propriedades da camada, na aba simbologia, você irá notar que há um quadro para apresentar uma hierarquia de símbolos (Figura 14). Essa hierarquia permite ao usuário mesclar diferentes geometrias e customizar seus símbolos.

Figura 14 - Hierarquia de símbolos nas propriedades de uma camada vetorial.



Podemos, a partir dessa janela, adicionar “*camadas*” de símbolos, editar suas cores, bem como definir o tipo de símbolo a ser adotado (e.g. Preenchimento Simples, Contorno: Linhas Simples, Preenchimento com Linhas, etc). Cabe ainda comentar que é possível trazer símbolos externos, ou seja, simbolos que estão salvos em arquivos do tipo SVG. Lembrando ainda que é possível criar símbolos mais complexos usando o Gerador de Geometrias⁸⁹. Veja as opções no menu Tipo de Camada Símbolo.

Tais customizações de simbolos podem ser salvas para que outros tecnicos adotem o mesmo padrão. Para isso, você pode clicar no botão Estilo (na parte inferior da janela de Propriedades da Camada, na aba Simbologia) e depois em Salvar Estilo. Uma nova janela será aberta perguntando o formato do arquivo, onde salvar o estilo, e quais propriedades deverão ser salvas (Figura 15).

Com o estilo salvo em um arquivo, outro técnico poderá abrir a janela da simbologia e clicar em Estilo, depois em Carregar Estilo. Ele deverá indicar o arquivo com as propriedades do estilo para carregar e depois clicar em Carregar Estilo.

Cabe ainda comentar que o QGIS tem uma Gerenciador de Estilos, acessível pelo seguinte caminho Configurações > Gerenciados de Estilos. Nessa ferramenta, o usuário poderá adicionar manualmente seus estilos, importar e exportar estilos, agrupar e buscar estilos online.

Além dos estilos, também é possível gerenciar a paleta de cores disponível. A janela de seleção de cores tem 4 abas para seleção de cores, isto é, Gradiente de Cores, Roda de Cores, Obter Cor e Amostra de Cores. Na aba Amostra de Cores, é possível adicionar um conjunto de cores e salvar para que outros técnicos utilizem ela (Figura 16).

Figura 15 - Salvando estilo de uma camada no QGIS.

⁸ Anita Graser. Quick guide to geometry generator symbol layers. <https://anitagraser.com/2017/04/08/a-guide-to-geometry-generator-symbol-layers/>

⁹ Hamish Campbell. FOSS4G / QGIS Geometry Generator. <https://polemic.nz/2019/11/18/foss4g-qgis-geometry-generators/>

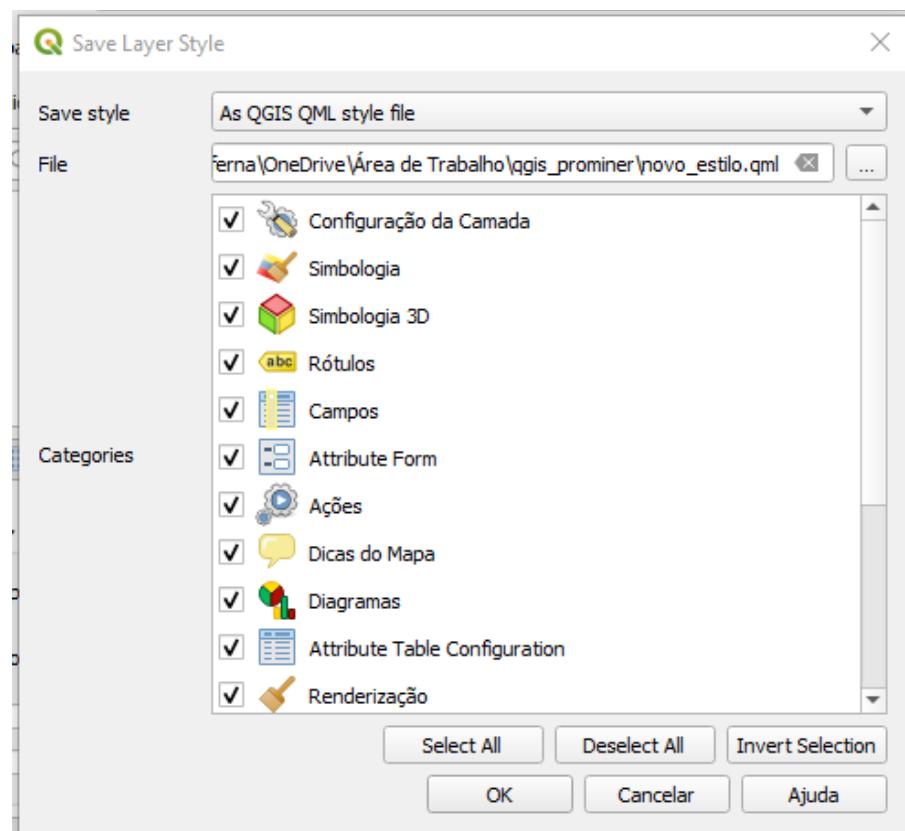
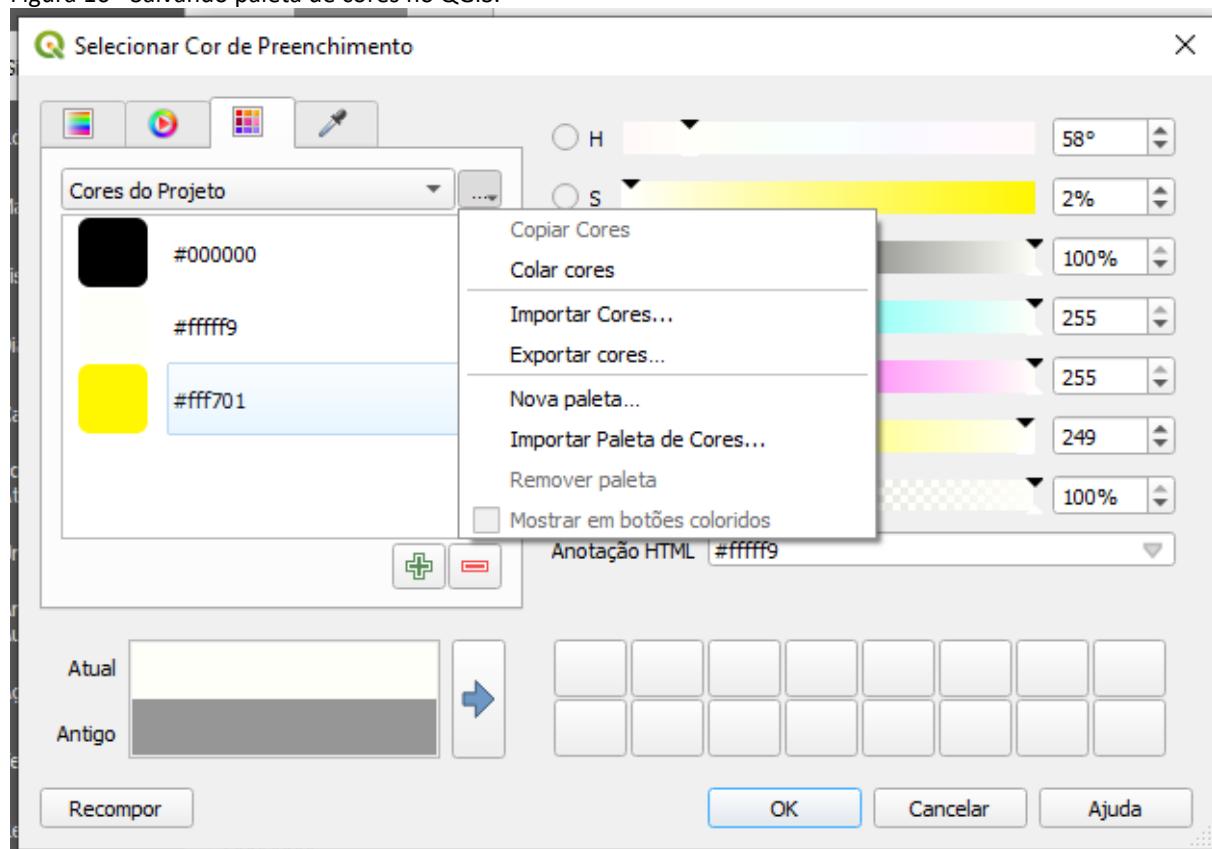


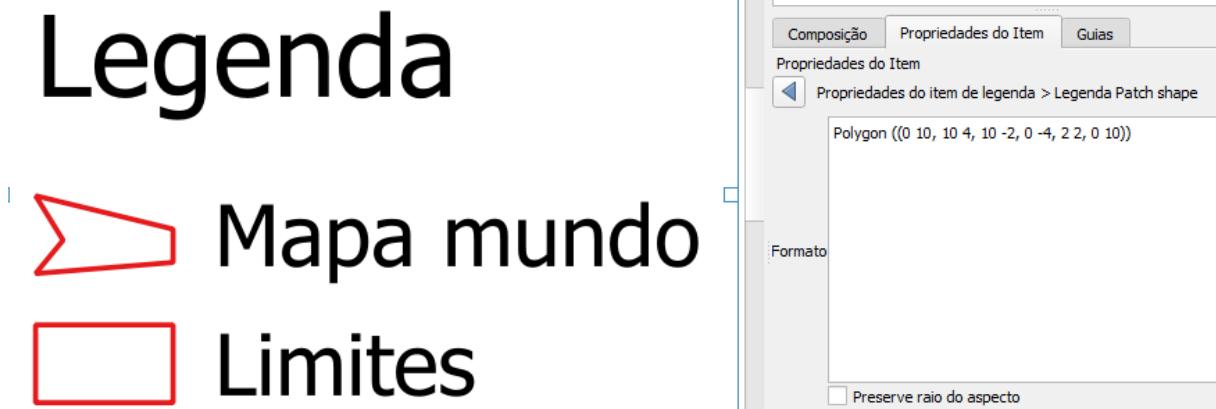
Figura 16 - Salvando paleta de cores no QGIS.



Outra customização possível são dos Patches (símbolos usados na legenda na janela de impressão) do QGIS. Ao invés de usar apenas um retângulo para representar os polígonos, uma simples linha ou ponto, você pode mudar eles e utilizar símbolos baseados em WKT (Well-Known Text). Neste caso, a mudança ocorrerá somente na Legenda, não modificando os símbolos no mapa.

Para acessar essa opção de configuração, vá até o seu Layout de Impressão, adicione o item Legenda. Selecione a Legenda e dê dois cliques na camada que você deseja editar. Após isso, clique em Formato. É nessa janela que você poderá editar o WKT da legenda e obter um novo formato para o símbolo na legenda (Figura 17).

Figura 17 - Modificando as propriedades do patch (Legenda) no layout de impressão do QGIS.



O formato WKT é bem simples de entender, você deverá indicar qual é a geometria que será utilizada (Geometrias Simples: Point, LineString ou Polygon; Geometrias Complexas: MultiPoint, MultiLineString ou MultiPolygon), seguido das coordenadas dos vértices. Abaixo temos alguns exemplos de WKT.

- MultiPoint ((0 0),(1 4),(3 2),(4 1))
- MultiLineString ((2 3, 65 53, 84 29, 100 42),(40 33, 28 49, 12 37),(84 29, 51 2),(84 29, 94 18),(22 19, 35 3));
- Polygon ((-6 -1, -9 5, 1 7, 6 2, 4 0, 8 -9, 4 -9, 0 -3, -4 -4, -6 -1)).

Outros exemplos de WKT podem ser encontrados online¹⁰ e importados para o seu QGIS¹¹. Mas você pode também criar os seus próprios patches a partir de geometrias do mapa¹².

No contexto de gerar seus próprios WKT com geometrias do mapa, você provavelmente precisará simplificar a geometria (Vetor > Geometrias > Simplificar). Em seguida, você deverá abrir a Tabela de Atributos da camada, ir na Calculadora de Campo e utilizar a seguinte função para gerar o WKT `geom_to_wkt(@geometry)`. O campo criado deverá ser do tipo Texto e deverá ter comprimento suficientemente grande para conseguir salvar o WKT com todos os seus caracteres.

Gerenciador de Estilos

Como o QGIS possibilidade realizar várias customizações dos símbolos apresentados no mapa, ele também permite que você gerencie essas customizações. O Gerenciador de Estilos (Figura 18)

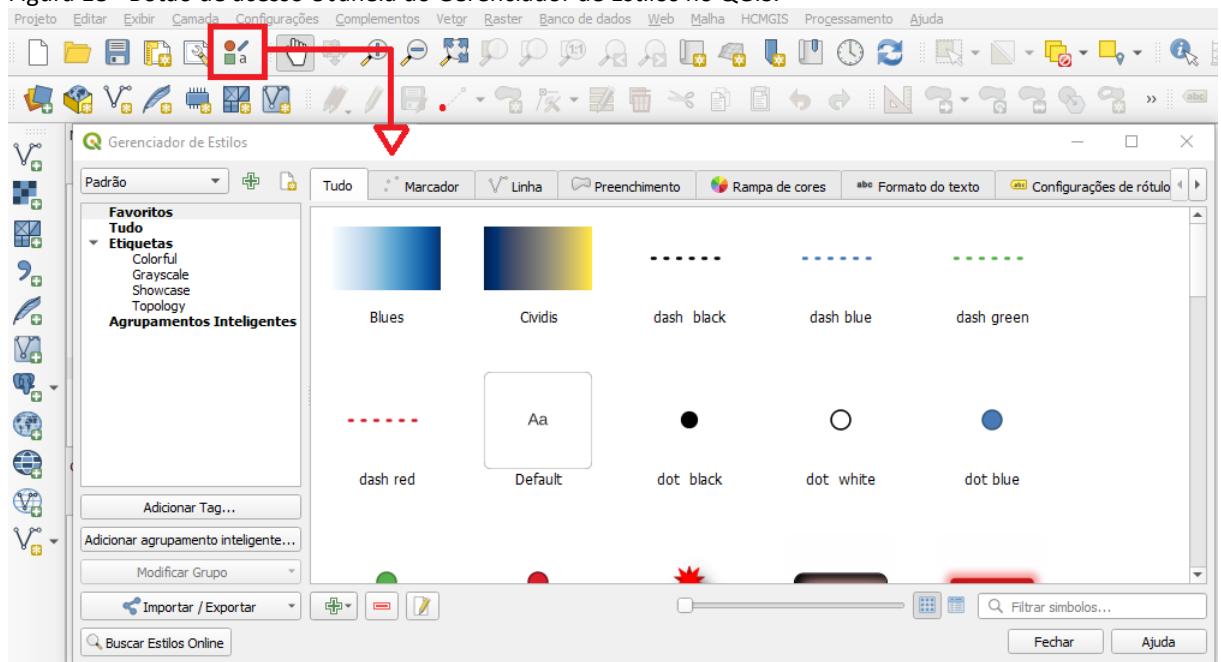
¹⁰ Kartozza – QGIS Legend Patches. <https://github.com/kartoza/QGIS-Legend-Patches>.

¹¹ Kurt Menke. QGIS Legend Patches. <https://septima.dk/nyheder/QGIS-legend-patches>.

¹² Luisa Vieira Lucchese. How to create custom geometries based on vector shapes to use on the map legend or symbology on QGIS. <https://www.luisalucchese.com/post/create-custom-geometries-legend-qgis/>.

apresenta as simbologias salvas de camadas vetoriais e matriciais, bem como permite a criação direta destas representações.

Figura 18 - Botão de acesso e Janela do Gerenciador de Estilos no QGIS.



Você também pode utilizar as etiquetas (Tags) para agrupar os estilos que você criar, assim como pode exportar sua galeria de estilos ou importar estilos salvos em arquivos XML.

Caso você já tenha uma simbologia configurada no QGIS e gostaria de adicioná-la à galeria, você pode, nas Propriedades da camada, aba Simbologia, buscar pelo botão Salvar Símbolo (no caso de camadas vetoriais) ou Salvar o Gradiente de Cores (camadas matriciais). O botão pode variar conforme o tipo de simbologia adotado.

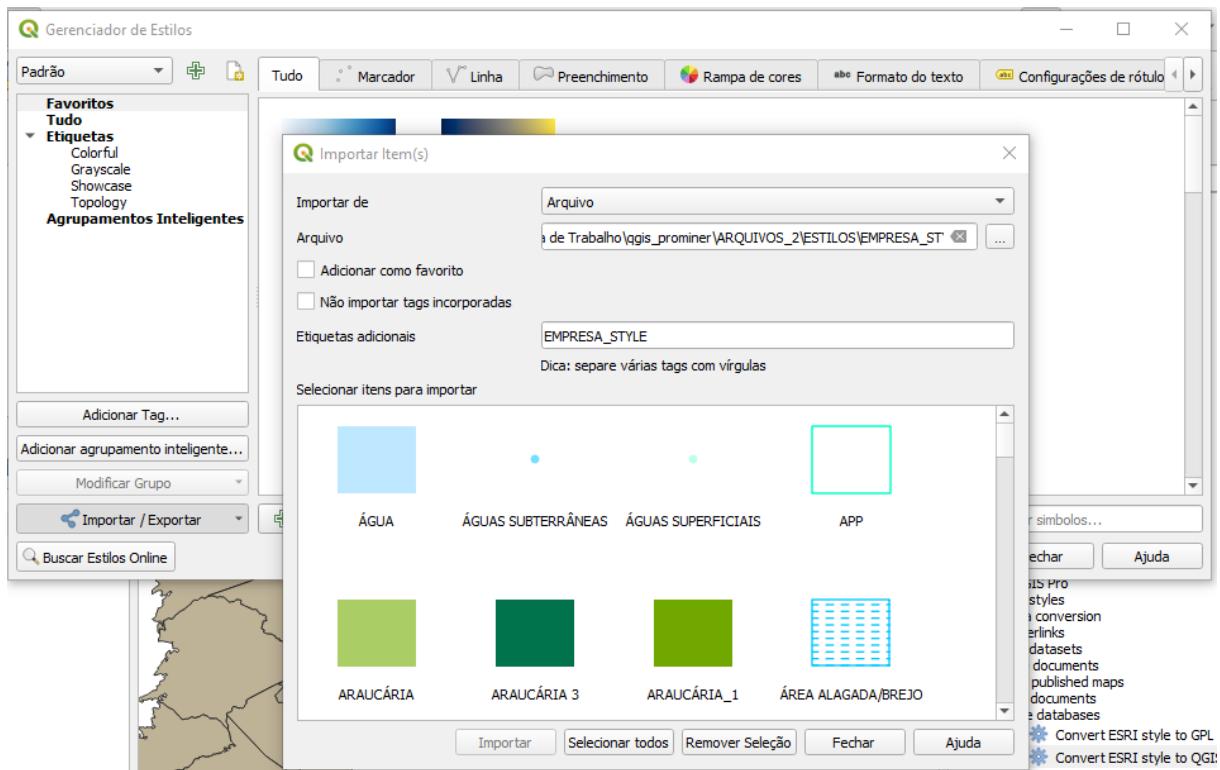
Além disso, também é possível usar plugins como SLYR para importar simbologias existentes no ArcGIS e utilizá-las no QGIS. Neste plugin, há opções gratuitas para conversão de arquivos .lyr e .style para formatos aceitos no QGIS, tais como xml, qlr, qml.

Por exemplo, para converter um arquivo de extensão .style do ArcGIS (isto é, simbologia de uma camada), você pode utilizar a ferramenta “Convert ESRI Style to QGIS style XML” do SLYR. Pode ocorrer de no QGIS solicitar a ferramenta “mdb-export” do software MDB Tools¹³.

Após a conversão para o formato xml com a ferramenta anterior, você pode importar ele para o QGIS usando o Gerenciador de Estilos, conforme exemplifica a figura 19). Com isso, agora você pode selecionar esses estilos nas suas camadas do QGIS.

Figura 19 - Exemplo de importação de arquivo XML para o QGIS.

¹³ O MDB Tools é um software utilizado para extrair dados de arquivos do Microsoft Access e pode ser encontrado no seguinte GitHub: <https://github.com/mdbtools/mdbtools> ou sua versão já compilada para Windows <https://github.com/lsgunth/mdbtools-win/> (só descompactar e apontar o plugin SLYR para o local da pasta).

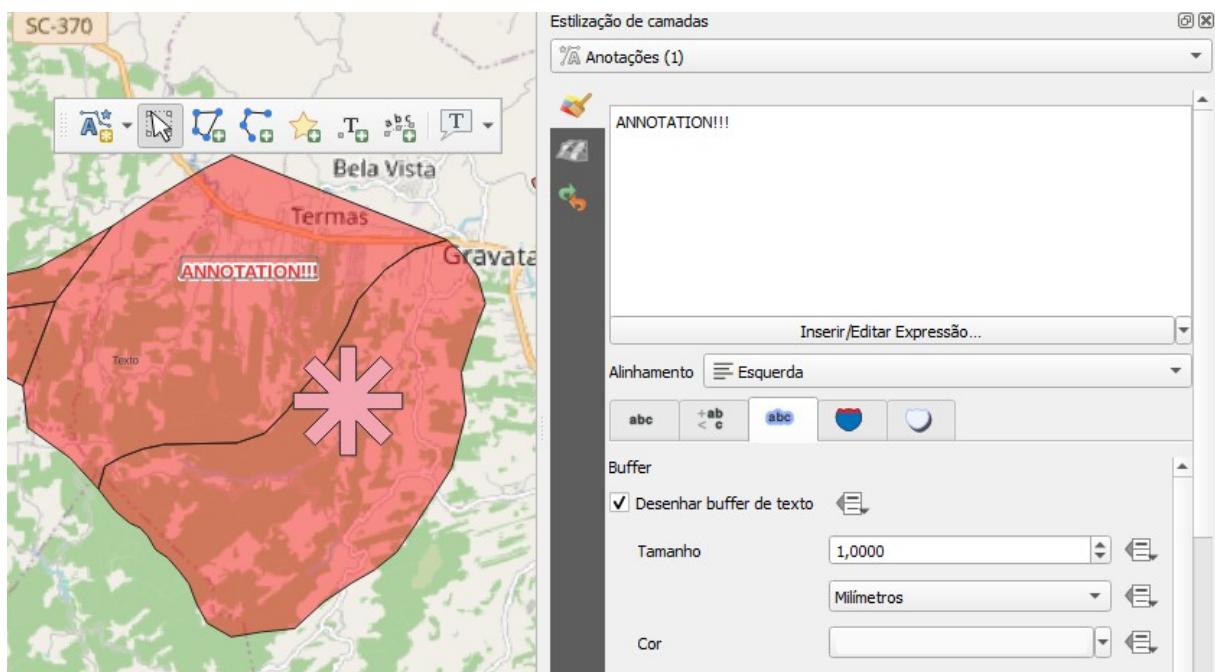


Camadas do Tipo Annotation

Quando você cria um mapa, é provável que você queira adicionar textos para informar o leitor sobre os elementos que ali existem. Você pode realizar isso por meio dos Rótulos, adicionando textos no layout de impressão ou adicionar uma camada do tipo Annotation.

Para adicionar a camada do tipo Annotation, você precisa ativar a *Barra de Ferramentas de Annotation* em Exibir > Barra de Ferramentas. Com ela, você poderá adicionar textos e símbolos diretamente em cima do mapa (Figura 20).

Figura 20 - Criação e edição de Annotation no QGIS.



Delimitação da Área de Estudo

A área de estudo pode adquirir diferentes significados conforme o projeto. Ela pode ser:

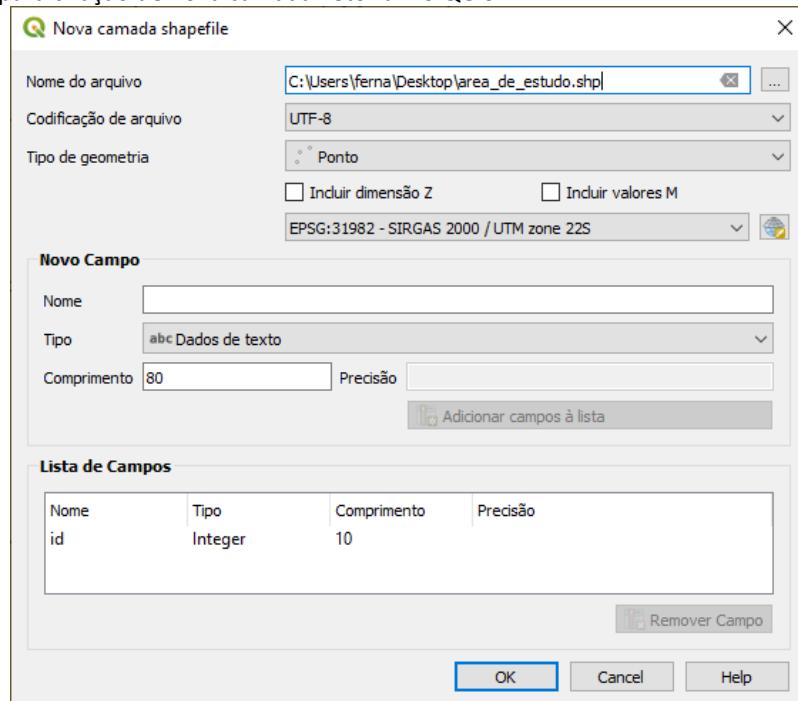
- Ponto: Poço, local de acidente, tanque de combustível;
- Linha: Trecho de um rio, linha de transmissão, gasoduto;
- Polígono: Área a ser minerada, área da empresa, área de preservação.

Dessa forma, vamos aprender neste capítulo como criar um shapefile para conter nossa área de interesse.

Antes de começar a definir nossa área de estudo, é importante saber como criar um novo arquivo do tipo shapefile (vetorial).

No **QGIS**, a criação de um novo shapefile é realizada clicando, na barra de menu, em *Camadas*, *Criar nova Camada* e em *Shapefile*. Uma janela será aberta, solicitando dados como: Qual é o nome do arquivo e sua codificação? Qual é o tipo de geometria que você quer criar (ponto, linha ou polígono)? Qual é o sistema de coordenadas? E se você quer adicionar novas colunas (campos) na tabela de atributos? (Figura 21).

Figura 21 - Janela para criação de nova camada vetorial no QGIS.



Após clicar em OK, você terá uma nova camada vetorial vazia. Para editá-la e acrescentar um novo ponto, linha ou polígono, clique na barra de ferramentas sobre o lápis amarelo para iniciar a edição da camada¹⁴ e em seguida, clique sobre adicionar ponto, linha ou polígono para clicar sobre o mapa e criar um novo ponto, em seguida, clique sobre o disquete para salvar a edição e clique novamente sobre o lápis, para fechar a edição (Figura 22).

Figura 22 - Barra de edição de shapefiles no QGIS.

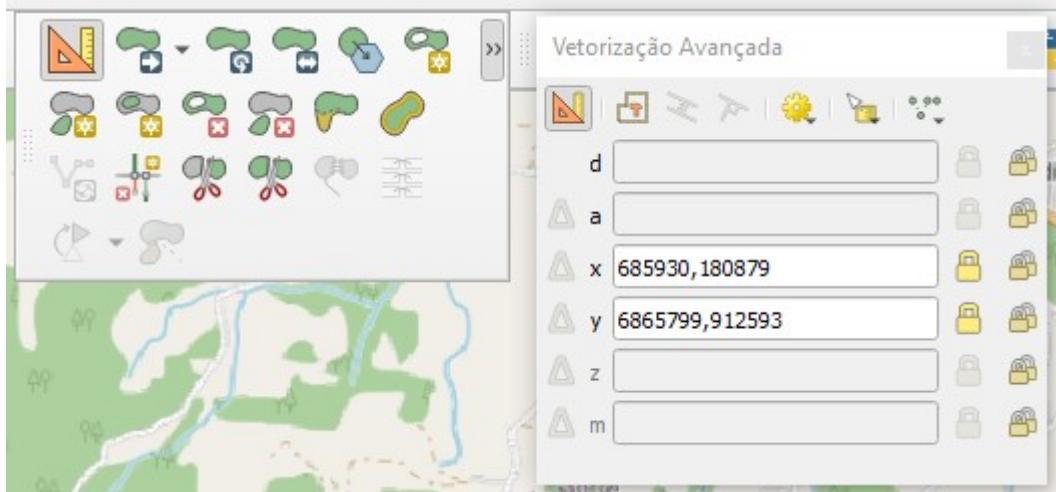


¹⁴ Esse procedimento também é válido para camadas que já tenham alguma informação ou mapa desenhado.

Ferramentas de Vetorização Avançada

A inserção de novas geometrias pela ferramenta anteriormente apresentada ocorre de forma mais “livre”. Nas situações que for necessário maior precisão, as Ferramentas de Vetorização Avançada deverão ser ativadas em Exibir > Barra de Ferramentas (Figura 23).

Figura 23 - Barra de Ferramentas de Vetorização Avançada.



No caso de camadas com coordenadas projetadas, a vetorização avançada pode ser utilizada para definir o ponto inicial do desenho (atalho do telhado como X e Y auxiliam o uso desses campos), ângulo (atalho A) e distância (atalho D) do desenho, assim como desenhos paralelos e perpendiculares (atalho P). Essas opções são habilitadas quando você clicar no botão para inserir novas geometrias.

Além disso, a barra de ferramentas de vetorização avançada também inclui ferramentas para mover, rotacionar, simplificar, criar e remover buracos em polígonos, estender, buffer e recortar geometrias.

Buffer, ou raio do empreendimento

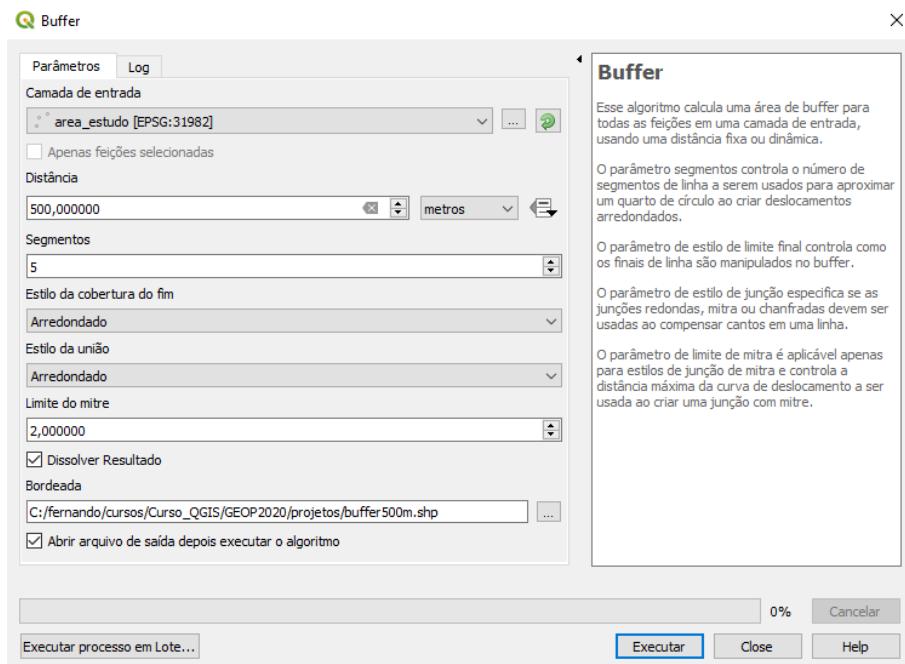
Uma forma bem comum de estabelecimento de área de estudo (tal como uma Área de Influência Direta – AID) é a definição de um raio a partir da área do empreendimento (ou Área Diretamente Afetada – ADA). Essa distância irá depender do tipo de empreendimento e da experiência do profissional que esta realizando o diagnóstico ambiental.

No **QGIS**, a ferramenta Buffer é usada para criarmos um polígono a partir de uma distância do empreendimento. Você pode encontrar ela clicando (na Barra de menu) em Processar (*Processing*), e em seguida em Caixa de Ferramentas (*Toolbox*). Na caixa de ferramentas, busque por Buffer e escolha a ferramenta da Geometria do Vetor (há outras ferramentas de buffers, cada uma com sua particulariedade).

Na janela da ferramenta Buffer (Figura 24), você irá informar o shapefile contendo a área de estudo (Camada de Entrada), a distância do buffer a ser realizado¹⁵ (Distância) e onde será salvo o resultado (Bordeada).

¹⁵ Lembre-se de que o arquivo shapefile deverá estar em um sistema de coordenadas UTM (projeto) para que a distância seja em metros, caso contrário, ela será em graus (coordenadas geográficas).

Figura 24 - Janela da ferramenta Buffer do QGIS.



O ajuste de outros parâmetros como segmentos e estilo da união são opcionais. Salienta-se que caso sua área de estudo contenha várias feições, é interessante marcar a caixa Dissolver Resultado para gerar um único polígono no final do processo.

Bacia Hidrográfica

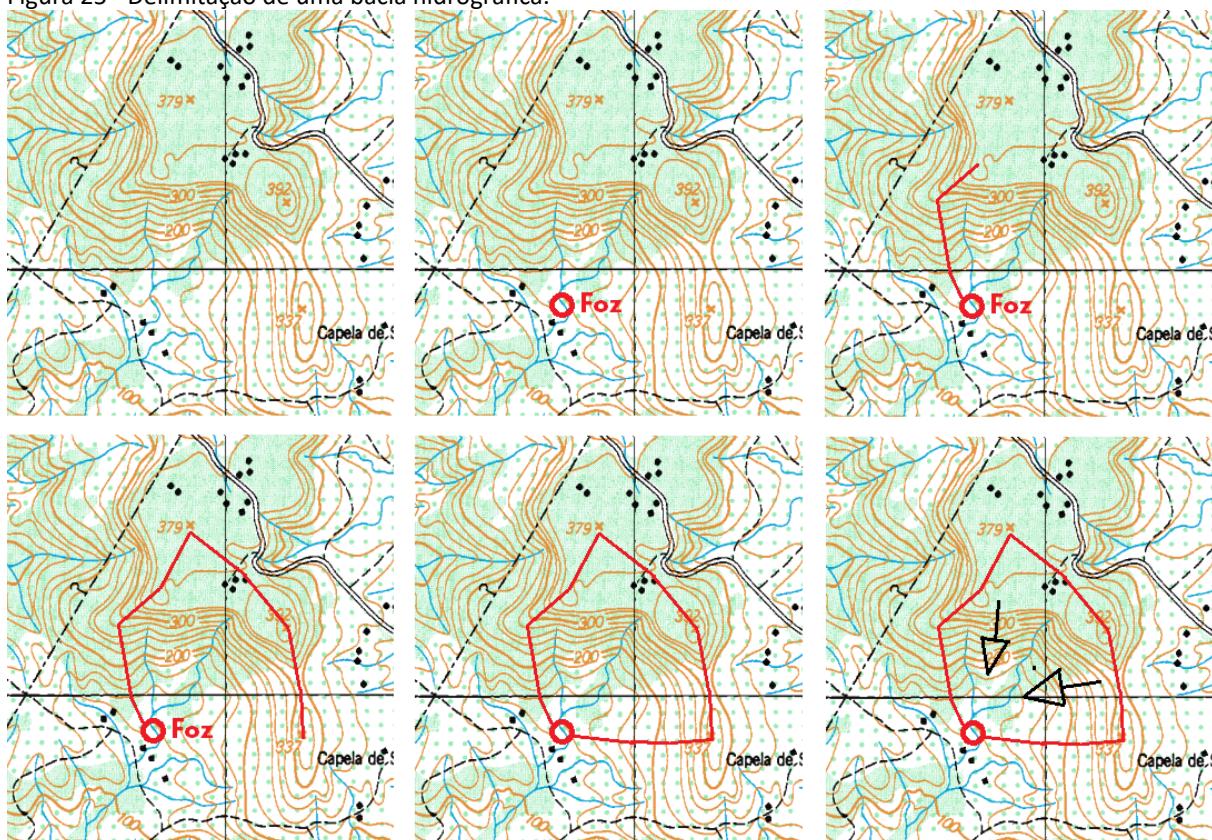
Bacias hidrográficas são definidas como ambientes que drenam todas as suas águas para um único ponto de saída (foz). Considerando que a água é um solvente universal e sua importância para a manutenção da vida de diferentes espécies (incluindo a humana), fica evidente porque a literatura relacionada à avaliação de impactos ambientais sugere o uso das bacias hidrográficas como limites para a definição da área de estudo (especialmente a Área de Influência Direta - AID).

Mas como podemos definir os limites de uma bacia hidrográfica? Podemos adquirir tais limites em órgãos públicos ou podemos, por meio de curvas de nível, desenhar por conta própria os limites da bacia hidrográfica.

Antes de demonstrarmos o procedimento de desenho no QGIS, é essencial mostrar como realizar esse procedimento manualmente.

Sobre um mapa contendo as curvas de níveis, primeiro vamos definir a nossa foz e em seguida, vamos traçando um linha perpendicular (90º) às curvas de nível e vamos desenhando ela até o topo mais próximo. Verificamos se há outros topos para ligarmos nosso limite, caso contrário, retornamos nosso traçado para a foz. Finalizando assim, o limite da nossa bacia hidrográfica (consequentemente, da nossa área de estudo). Esse procedimento fica mais fácil de ser realizado em áreas montanhosas, pois fica mais evidente para onde a água escorre (diferente de áreas planas). A Figura 25 mostra um passo a passo deste procedimento.

Figura 25 - Delimitação de uma bacia hidrográfica.



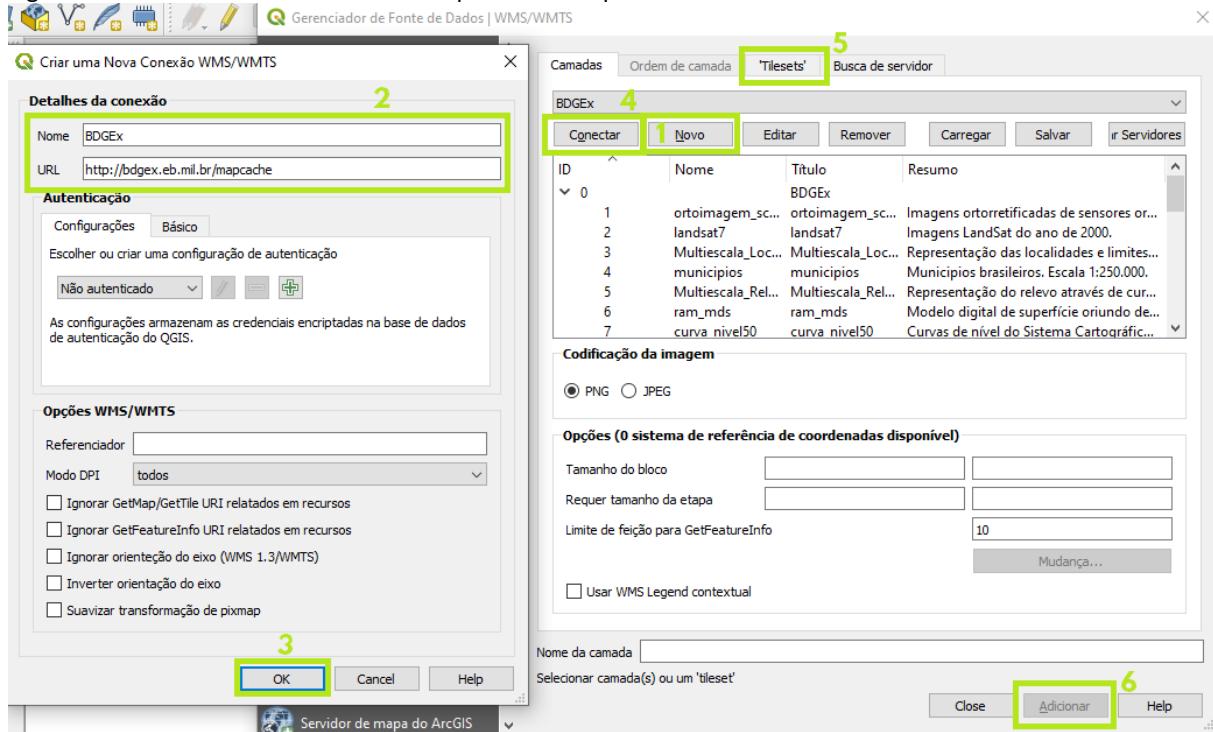
Agora que sabemos como delimitar uma bacia hidrográfica e como criar um novo shapefile (veja no começo deste capítulo), vamos ver como usar as cartas topográficas do Exército Brasileiro para delimitar uma bacia hidrográfica.

No **QGIS**, você pode acessar as cartas topográficas do Exército Brasileiro (semelhante à imagem apresentada na Figura 25) adicionando uma camada WMS. Para isso, na barra de menu, vá em Camada, Adicionar Camada e em WMS/WMTS. Na janela que será aberta, clique em Novo e na nova janela aberta, dê um nome à conexão e cole o seguinte link em URL "<http://bdgex.eb.mil.br/mapcache>" (Figura 26). Em seguida, clique em OK e depois em conectar. As cartas topográficas estão nas linhas demarcadas com CTM, seguido da escala dela.

Com esses mapas, você terá acesso às curvas de nível e poderá traçar sua bacia hidrográfica.

Salienta-se que você pode baixar o MDT (Modelo Digital do Terreno) da sua área de estudo e extrair as curvas de nível usando a ferramenta Contorno (disponível em Processar > Caixa de Ferramentas). Essa ferramenta solicita como entrada o MDT, o intervalo das curvas de nível e o arquivo de saída.

Figura 26 - Definindo uma conexão WMS para abrir mapas online no QGIS.



Delimitação Automática de Bacia Hidrográfica

Dependendo da situação, talvez seja necessário automatizar a delimitação da(s) bacia(s) hidrográfica(s). Embora as versões anteriores ao QGIS 3.30 apresentem, nativamente, os algorítmos do SAGA para realizar esse procedimento, as novas versões não incluem mais elas¹⁶. Para rodar os algorítmos do SAGA nas novas versões do QGIS, é necessário, além de ter o SAGA instalado no computador, instalar o plugin “Processing SAGA NextGen”.

A descrição do uso do SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), assim como a delimitação automática de bacias, é apresentada no Anexo I – SAGA.

¹⁶ <https://qgis.org/project/visual-changelogs/visualchangelog330/#feature-drop-unmaintained-saga-provider-from-qgis-installations>

APP de Margens de Rios e Nascentes

O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal n. 12.651/2012) estabelece diferentes metragens para proteção de margens de rios, nascentes e outros corpos d'água. A proteção dessa vegetação (denominada mata ciliar) para os corpos hídricos garante funções ecológicas como estabilidade para o talude e filtragem de poluentes.

No geoprocessamento, utilizamos a função Buffer para delimitarmos qual é a Área de Preservação Permanente (APP) a partir dos shapefiles das nascentes, hidrografia (rios sendo representados por linhas) e massa d'água (rios e lagos representados por polígonos).

No **QGIS**, antes de aplicar a função Buffer, é interessante que você recorte a hidrografia com o polígono da sua área de estudo, pois, normalmente, o shapefile da hidrografia representa o município ou estado inteiro.

A ferramenta que realiza o recorte é chamada “Recortar o vetor pela camada de máscara” (*Clip*). Nela você irá inserir o shapefile que você deseja cortar (Camada de Entrada) e a máscara que será utilizada para o recorte (Camada máscara), conforme Figura 27. Ela está disponível em Processar > Caixa de Ferramentas ou Vetor > Geoprocessamento > Recortar.

Após realizar o recorte, aplique a ferramenta Buffer, definindo a distância do raio conforme margem definida pelo Código Florestal (ou legislação em questão). A Figura 28 mostra a janela da ferramenta Buffer, a qual pode ser acessada em Processar > Caixa de Ferramentas ou Vetor > Geoprocessamento > Buffer.

Lembre-se de marcar a opção “Dissolver Resultados” para unir os polígonos resultantes que venham a se sobrepor.

Caso existir mais de um tipo de APP (exemplo, margem de rio e nascente), você pode usar a ferramenta Mesclar Camadas Vetoriais (Processar > Caixa de Ferramentas > Mesclar Camadas Vetoriais) para unir os polígonos gerados em único shapefile e depois usar a ferramenta Dissolver (Vetor > Geoprocessamento > Dissolver) para criar um único polígono.

Figura 27 - Ferramenta de recorte com máscara de shapefiles no QGIS.

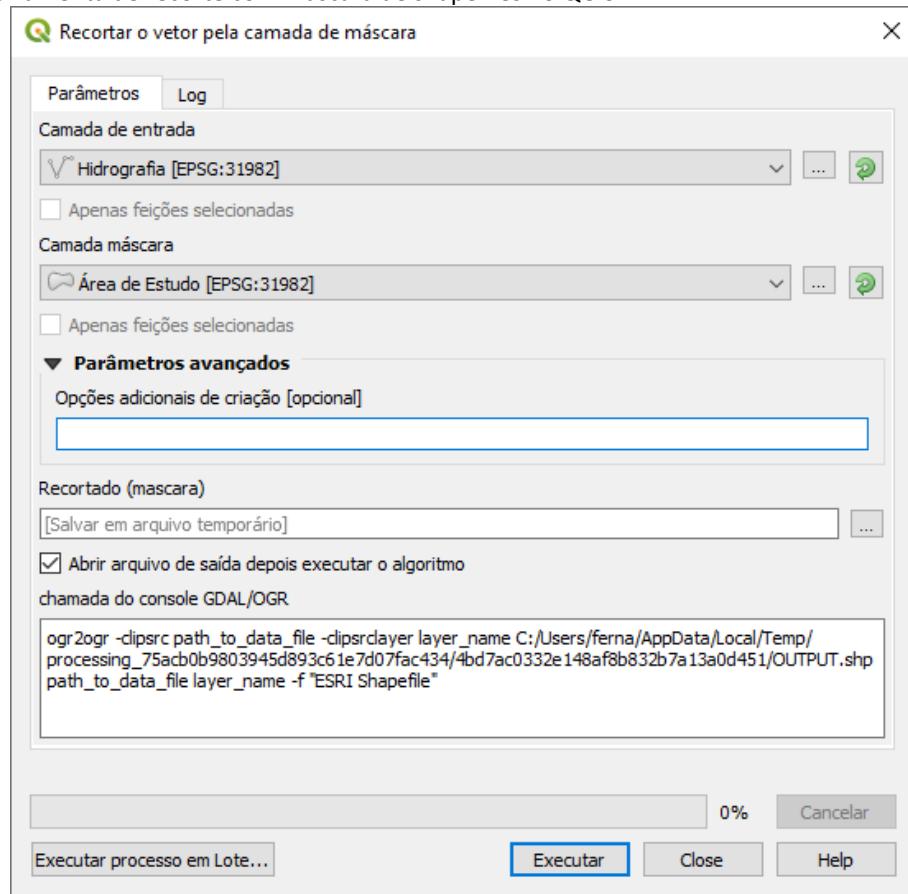
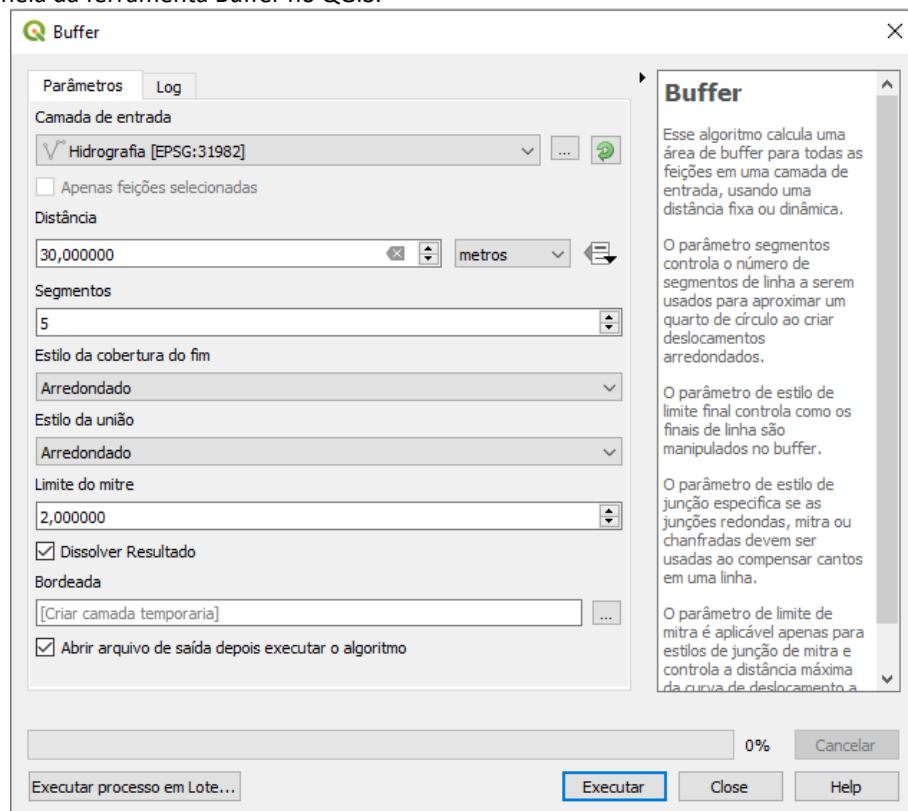


Figura 28 - Janela da ferramenta Buffer no QGIS.



APP de Topo de Morro

O Inciso IX do art. 4º do Código Florestal define as condições para que um morro seja considerado APP. Abaixo é transcrito este inciso.

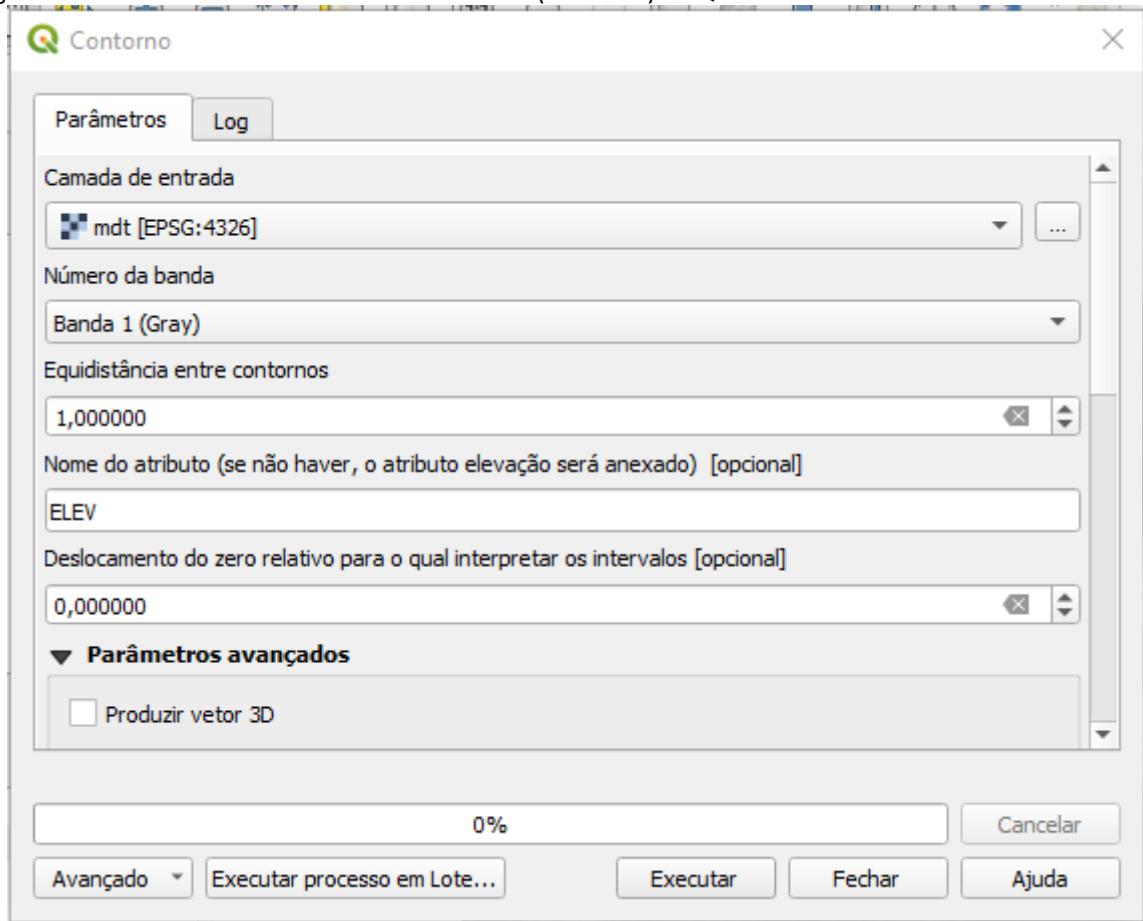
IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

Primeiro ponto do processo é definir a base do morro, visto que este será utilizada para determinar a altura do morro e a inclinação média dele. A base deve ser definida pelo plano horizontal quando em planície, por espelho d'água, ou cota do ponto de sela mais próximo quando em relevo ondulado.

Cabe comentar que, se no MDT da sua área de estudo, a diferença dos valores máximo e mínimo for inferior à 100 metros, não há necessidade de análise de APP de Topo de Morro, visto que a legislação solicitada altura mínima de 100 m.

Para a definição da base do morro a partir do MDT, você deverá gerar as curvas de nível dele. No QGIS, essa ferramenta está disponível em Raster > Extrair > Contorno. Nesta ferramenta, basta indicar o MDT, o intervalo entre as curvas e o nome do campo que receberá esses valores (Figura 29).

Figura 29 - Janela da ferramenta de Curvas de Nível (Contorno) no QGIS.



Com as curvas de nível, você deverá localizar a curva que contorne todo o seu morro (Figura 30) e convertê-la para polígono. Para isso, selecione a curva que contorna todo o morro e utilize a ferramenta Linhas para Polígonos, disponível em Vetor > Geometrias > Linhas para Polígonos. Lembre-se de marcar a caixa para executar o processo somente para a feição selecionada (Figura 30).

Figura 30 - Curva de nível 140 selecionada para indicar base do morro no QGIS.

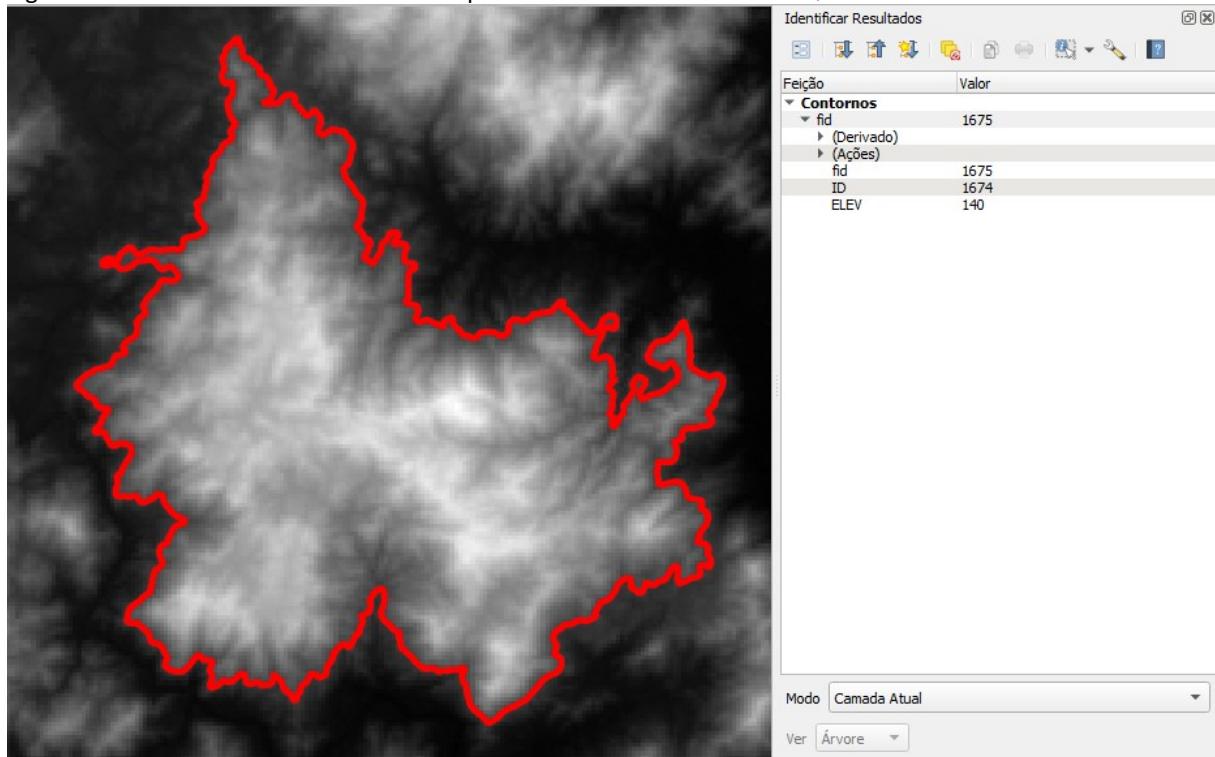
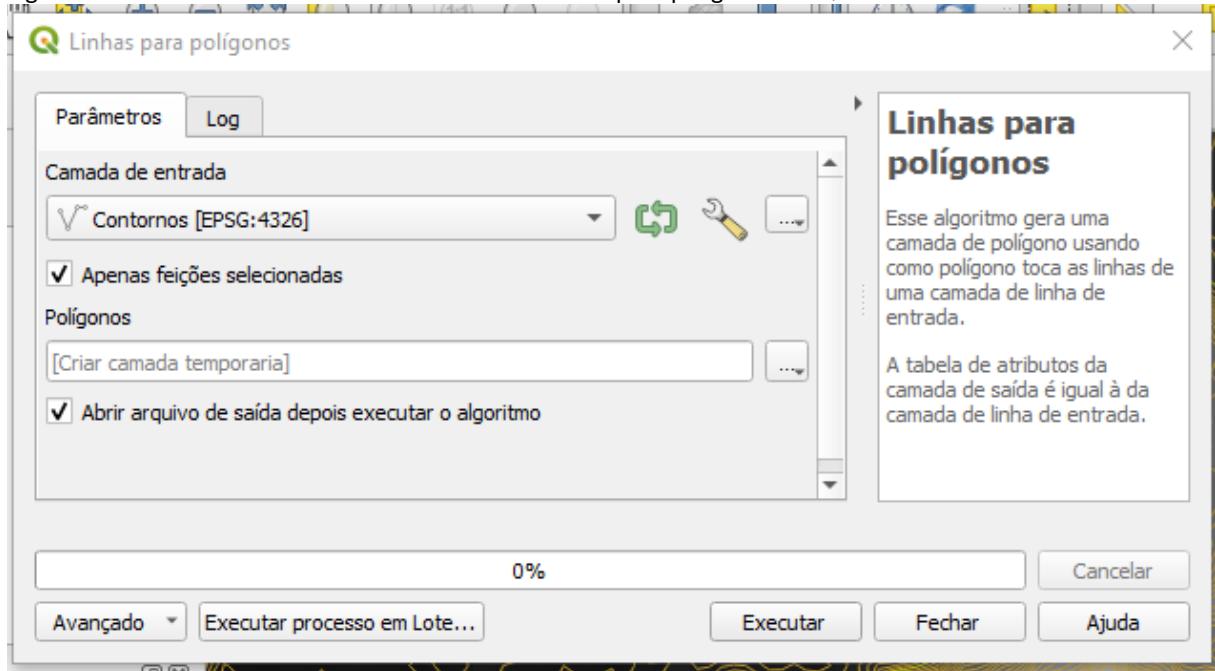


Figura 31 - Janela da ferramenta de conversão de linhas para polígonos no QGIS.

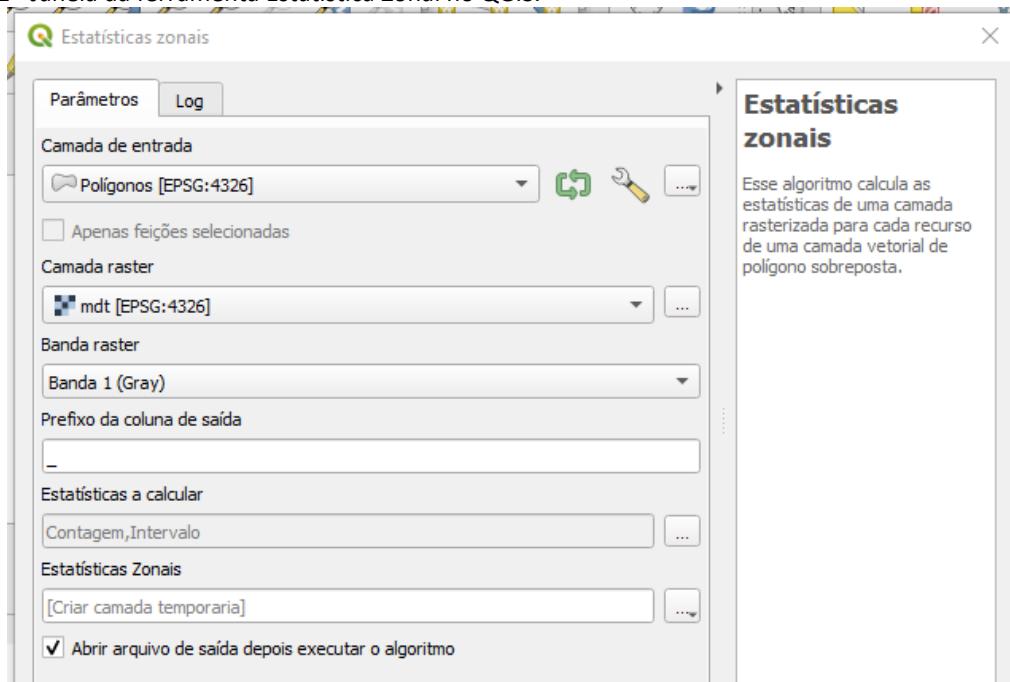


Agora que temos a base do morro, vamos verificar se ele atende a altura mínima e a inclinação média para ter APP de Topo de Morro.

A altura mínima pode ser visualizada rodando a ferramenta Estatística Zonal. Para executar ela, você deve ir em Processamento > Caixa de Ferramentas e procurar por Estatística Zonal. Na ferramenta, você deve indicar o polígono da base do morro e o MDT. Marque também para calcular a estatística Intervalo (Máximo – Mínimo) (caso você queira, pode manter os itens máximo e mínimo) (Figura 32).

Um novo shapefile será criado com as estatísticas zonais salvas na tabela de atributos. Verifique se o intervalo (range) é superior à 100 metros. Caso positivo, seguimos para o próximo passo.

Figura 32 - Janela da ferramenta Estatística Zonal no QGIS.



Para calcular a inclinação média, vamos gerar a declividade a partir do nosso MDT. Esse processo é detalhado no próximo capítulo (Hipsometria e Declividade), mas para gerar a declividade, basta ir em Raster > Análise > Declividade. Lembre-se que o MDT deve estar em projeção UTM, caso contrário, a declividade ficará incorreta (Para reprojetar o raster, vá em Raster > Projeções > Reprojetar Coordenadas).

Após gerar a declividade, rode novamente a ferramenta Estatística Zonal usando a base do morro, a declividade e indicando como estatística a média.

Caso o morro tenha inclinação média superior à 25º, vamos seguir para o próximo passo (e último) de delimitar a cota de 2/3 da altura mínima da elevação. Você pode descobrir qual é essa cota a partir do cálculo: Cota Base + (Altura * 2/3). Com o valor dessa cota, basta selecionar as curvas de nível com esse valor e convertê-las para polígonos.

Nesse caso, utilizamos uma abordagem manual, mas existe a possibilidade de executar procedimentos automáticos usando as ferramentas de hidrologia do SAGA e cálculo de raster¹⁷.

¹⁷ ROCHA, Victor Martins. Desenvolvimento de uma ferramenta no QGIS para delimitação em APP em topos de morros em acordo com o código florestal brasileiro. 2022. 44 f. TCC (Grad. em Eng. de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34913>

Hipsometria e Declividade

Além das APP de margens de rios, há também APP para preservar áreas de riscos (no Código Florestal, declividade superior à 45º) e de recarga de aquíferos (no Código Florestal, altitudes superiores à 1.800 metros).

Ambas podem ser obtidas a partir de um Modelo Digital do Terreno (MDT), aplicando-se classificação dos dados para hipsometria e as ferramentas de cálculo de declividade disponíveis no QGIS. Lembre-se que a declividade pode ser expressa em graus (ângulo da inclinação) ou em porcentagem (divisão da altura pelo comprimento, multiplicado por 100).

No **QGIS**, após adicionar o MDT, muitas vezes é necessário recortá-lo para que este limite-se apenas à área de estudo, pois caso você fique aplicando as ferramentas de processamento no MDT inteiro, você poderá estar perdendo tempo. Para recortar um arquivo matricial (MDT) com os limites da sua área de estudo (ou por uma área delimitada por você), vá em Raster > Extrair > Recortar Raster pela Camada Máscara (Recortar Raster pela Extensão). A Figura 33 mostra a ferramenta para recorte usando a nossa área de estudo (Buffer500m).

Agora que temos um MDT de tamanho menor, vamos criar um **mapa hipsométrico**. Clique sobre o MDT recortado na lista de camadas e selecione Propriedades. Uma nova janela será aberta e você deverá clicar em Simbologia.

No item Tipo de Renderização, selecione Banda Simples Falsa-cor, isso permitirá que você atribua diferentes cores para diferentes intervalos de altitude. Sampaio e Brandalize (2018) colocam para representação do relevo por cores, é senso comum atribuir tons de azul ou verde para áreas baixas e tons de marrom para áreas altas.

Dessa forma, vamos manter o valor do campo Interpolar como Linear (para um resultado mais “exato”, troque este valor para Método Discreto); procurar no Grandiente de Cores o grandiente Spectral e inverê-lo. Caso necessário, você pode editar os valores dos intervalos, cores e rótulos no quadro em branco desta janela. Você ainda pode configurar a forma de divisão dos intervalos alterando o Modo (tanto para Intervalo Iguais ou Quartil) ou mudando a quantidade de classes em Classes (Figura 34).

Após clicar em OK, você terá o seu MDT classificado, podendo ser aberto em um layout de impressão para a criação do seu mapa hipsométrico (Veja o capítulo Mapas de Localização para ver como criar um layout de impressão).

Para o **mapa de declividade**, basta aplicar a ferramenta Declividade, disponível em Raster > Análise > Declividade. Nesta ferramenta você só deverá indicar o MDT no qual você deseja calcular a declividade, indicar se você quer o cálculo em graus ou em percentagem e o local que o raster será salvo (Figura 35). Lembre-se que para o cálculo correto da declividade, o arquivo MDT deverá estar em uma projeção UTM (isto é, em metros).

Figura 33 - Ferramenta de recorte de raster usando uma shapefile como máscara.

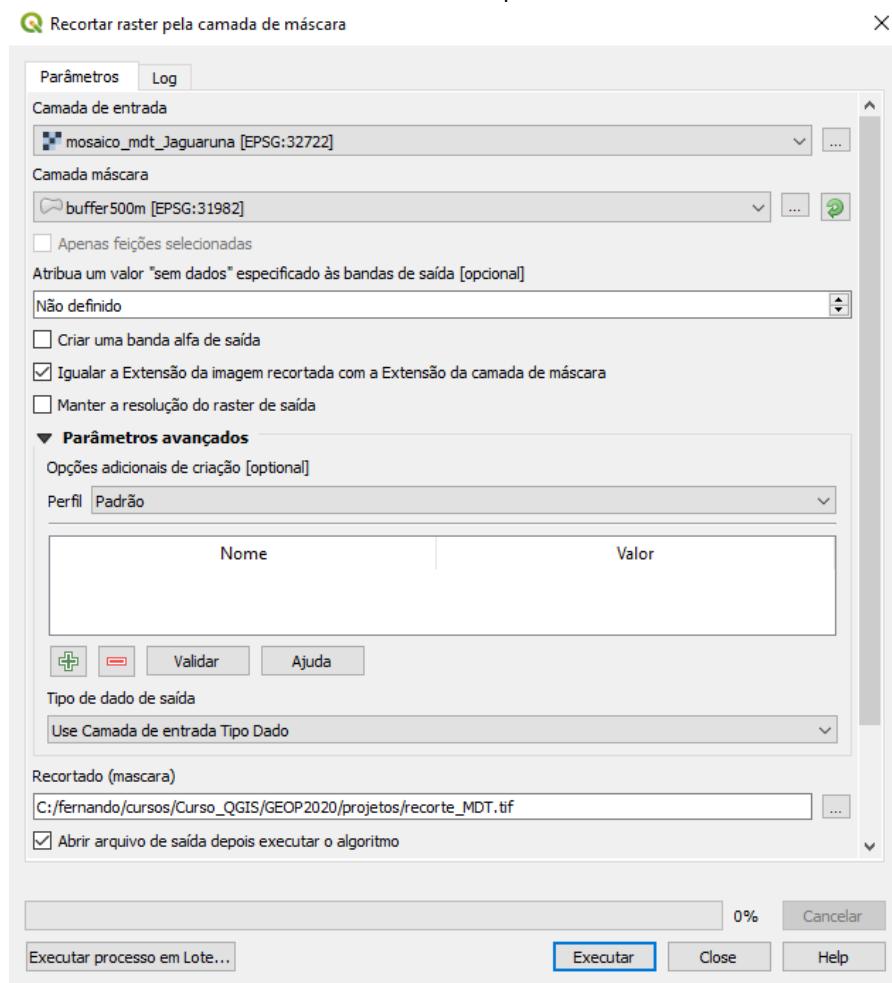


Figura 34 - Janela para edição do MDT e sua simbologia no QGIS.

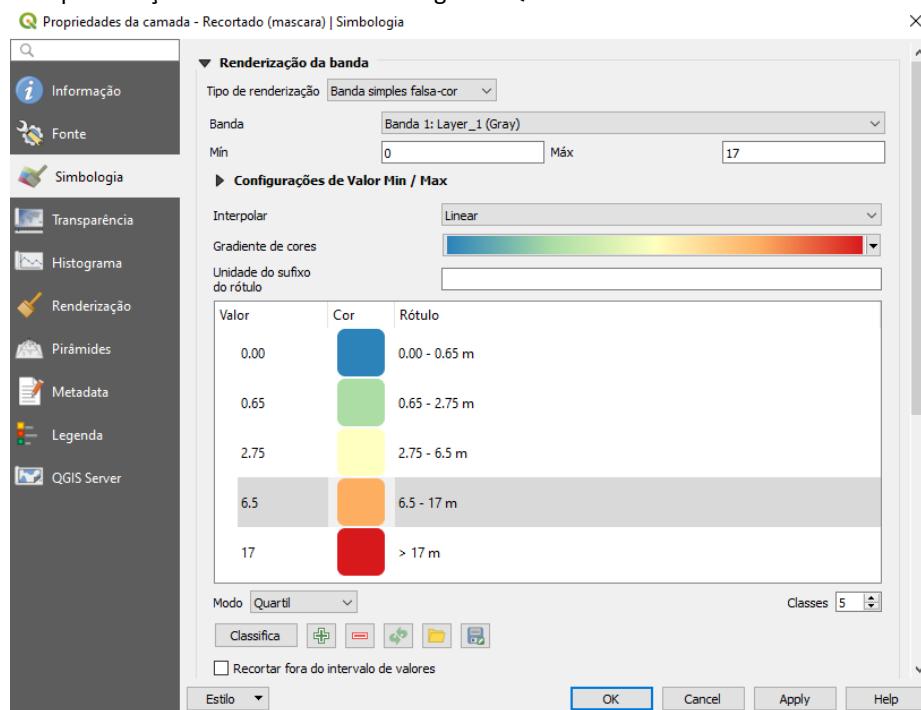
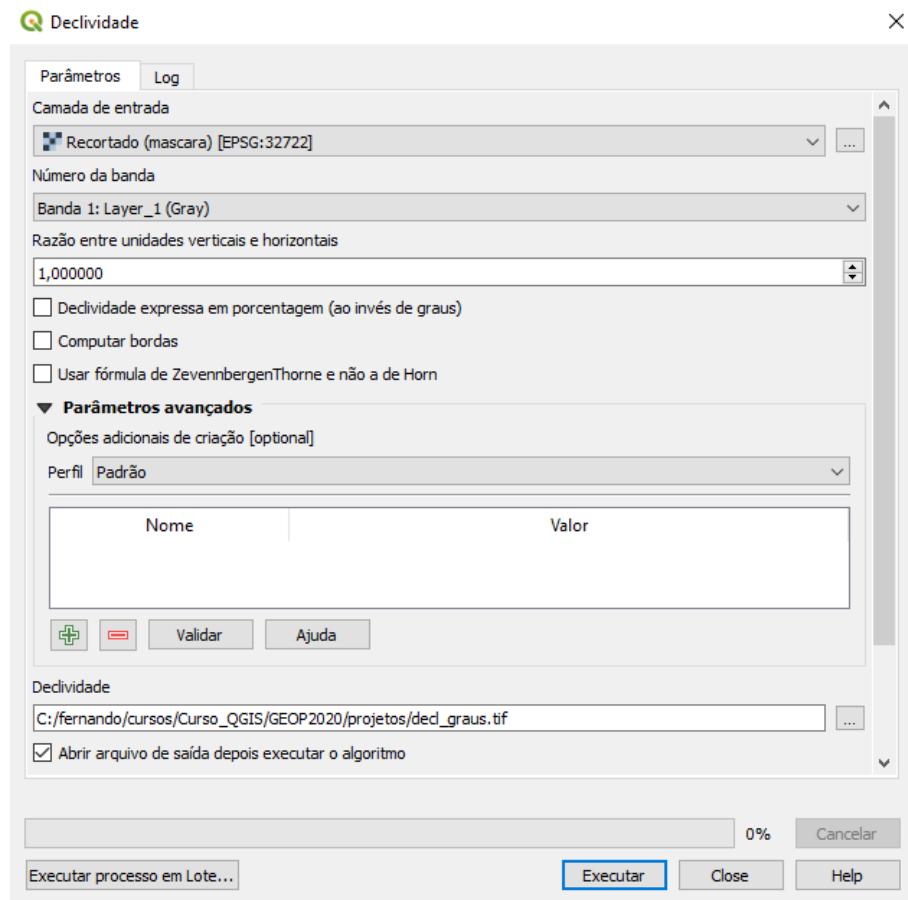


Figura 35 - Ferramenta para cálculo de declividade no QGIS.



Gerando MDT a partir das Curvas de Nível

Há situações em que o MDT (arquivo matricial) não estará disponível, sendo necessário outros meios para obter essa informação. Nos casos em que as curvas de nível existam, é possível gerar o MDT a partir delas.

O procedimento irá iniciar com a ferramenta Interpolação TIN (Figura 36). Nessa ferramenta você deverá indicar qual é a camada que têm as curvas de nível, qual é a coluna que tem o atributo Elevação e clicar em adicionar. Lembre-se de indicar o Tipo como “Estrutura Linear”, isto é, os dados de elevação estão distribuídos em linhas.

A ferramenta também permite indicar qual é a extensão do MDT. Coloque para gerar no tamanho da sua área de estudo ou no tamanho do arquivo de curvas de nível.

União de Arquivos Rasters

Haverá situações em que os arquivos rasters estarão separados e, conforme a sua área de estudo, poderá ser necessário juntar eles. Este procedimento pode ser realizado usando a ferramenta Mosaico. Ela está localizada no menu Raster > Miscelânea > Mosaico.

Na ferramenta Mosaico (Figura 37), você irá indicar quais camadas raster deseja unir (mesclar). Lembre-se que há imagens que poderão ter sobreposição, assim é necessário definir um valor que representa a ausência de dados (no caso apresentado, foi colocado zero, dependendo da situação, poderá ser necessário recortar os rasters para garantir a consistência).

Figura 36 - Ferramenta para criação de grade TIN no QGIS.

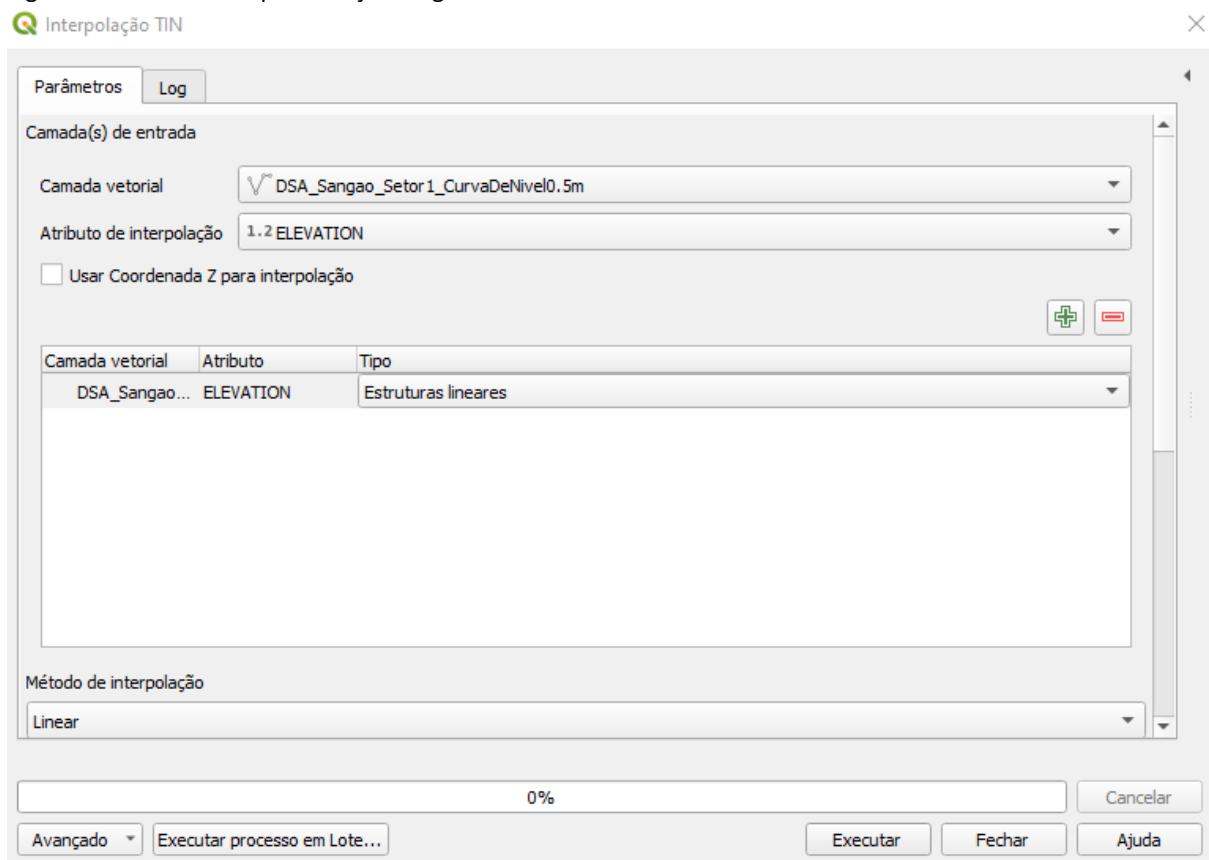
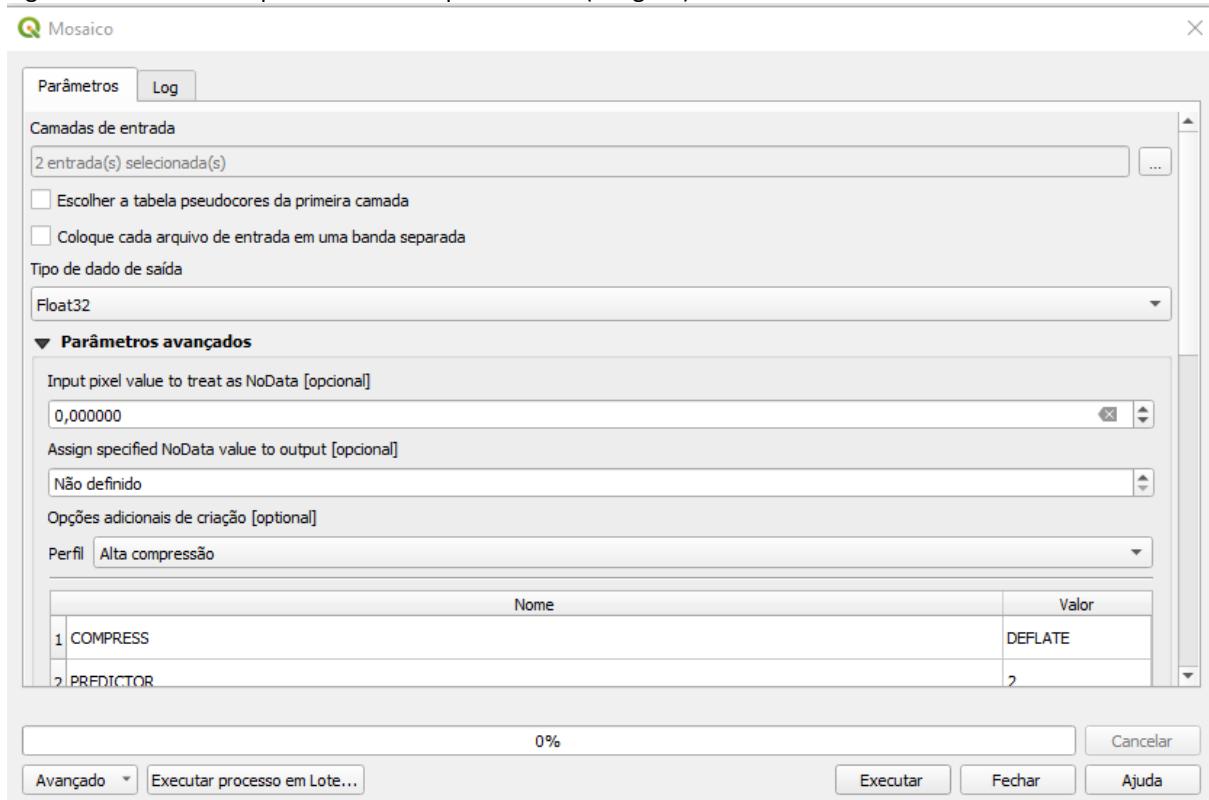


Figura 37 - Ferramenta para união de arquivos raster (imagens) no QGIS.



Mapa de Fotos Orientadas

É bastante comum em monitoramentos ambientais, bem como em estudos de impacto ambiental, o registro fotográfico das condições do ambiente. Essas fotos sempre vêm acompanhadas das coordenadas da localização do seu registro. Além delas, alguns técnicos ainda registram a direção da foto (e.g. Norte, Sul, Leste, Oeste).

No QGIS podemos apresentar essas fotos orientadas com flechas indicando a direção que o registro fotográfico foi realizado. Assim, precisamos inicialmente ter uma tabela com as coordenadas X e Y das fotos e uma coluna contendo a direção da foto. Considere o exemplo abaixo.

X (m)*	Y (m)*	Direção
659422	6825912	Leste
659470	6825954	Sudeste
659537	6825945	Sul
659513	6825855	Norte
659425	6825845	Nordeste

* SIRGAS2000 UTM 22S (EPSG: 31982)

Após adicionar o CSV no QGIS, vamos precisar converter a direção para ângulo, considerando que o Norte = 0 graus e segue aumentando no sentido horário. Para conseguir editar a camada CSV, vamos primeiro exportá-la como SHP (clique sobre a camada com o botão direito, vá em Exportar > Guardar Elementos Como).

Com o arquivo SHP criado, abra a tabela de atributos da camada e clique em Calculadora de Campo. Vamos utilizar a expressão abaixo para converter as direções (caso o nome das direções no seu arquivo seja diferente, basta alterar as condições na expressão):

```
CASE
WHEN "coluna_direcao" = 'Norte' THEN 0
WHEN "coluna_direcao" = 'Nordeste' THEN 45
WHEN "coluna_direcao" = 'Leste' THEN 90
WHEN "coluna_direcao" = 'Sudeste' THEN 135
WHEN "coluna_direcao" = 'Sul' THEN 180
WHEN "coluna_direcao" = 'Sudoeste' THEN 225
WHEN "coluna_direcao" = 'Oeste' THEN 270
WHEN "coluna_direcao" = 'Noroeste' THEN 315
ELSE NULL
END
```

Agora que temos um novo campo com as direções em graus, podemos abrir as propriedades da camada de fotos e ir em Simbologia. Na simbologia, vamos adotar uma expressão para o campo Rotação, ou seja, vamos colocar para que cada geometria utilize o valor da tabela de atributos como rotação (Figura 38).

Na substituição específica, basta selecionar para utilizar a coluna que acabamos de criar, isto é, aquela que contém o ângulo em graus (Figura 39).

Figura 38 - Botão para substituição específica do campo Rotação.

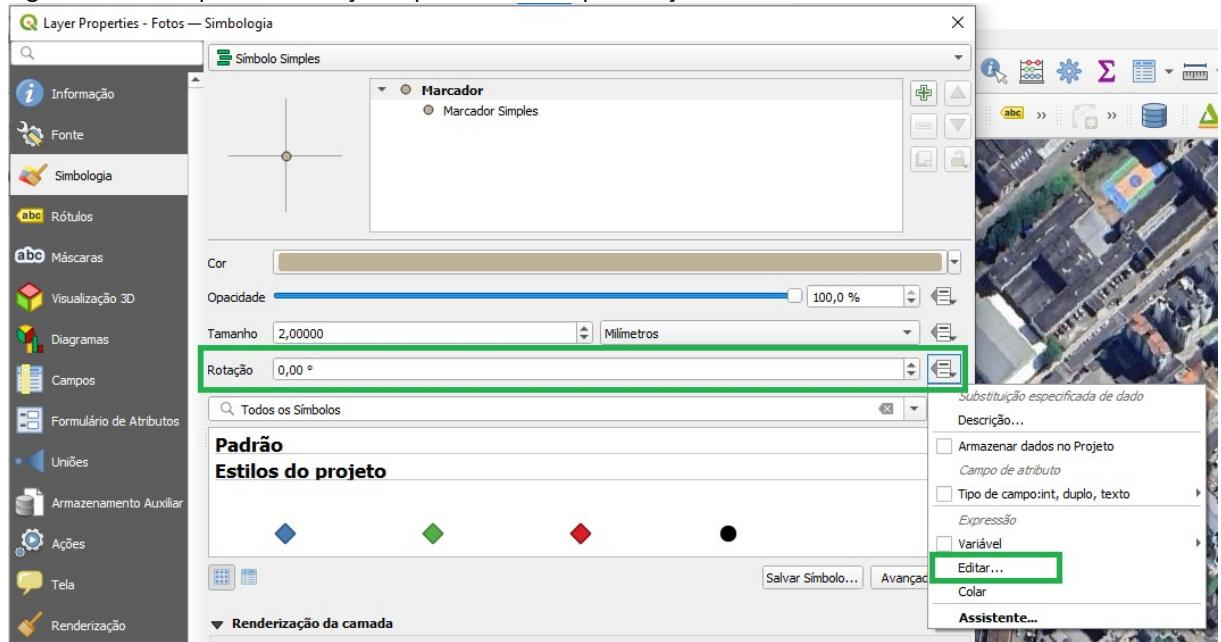
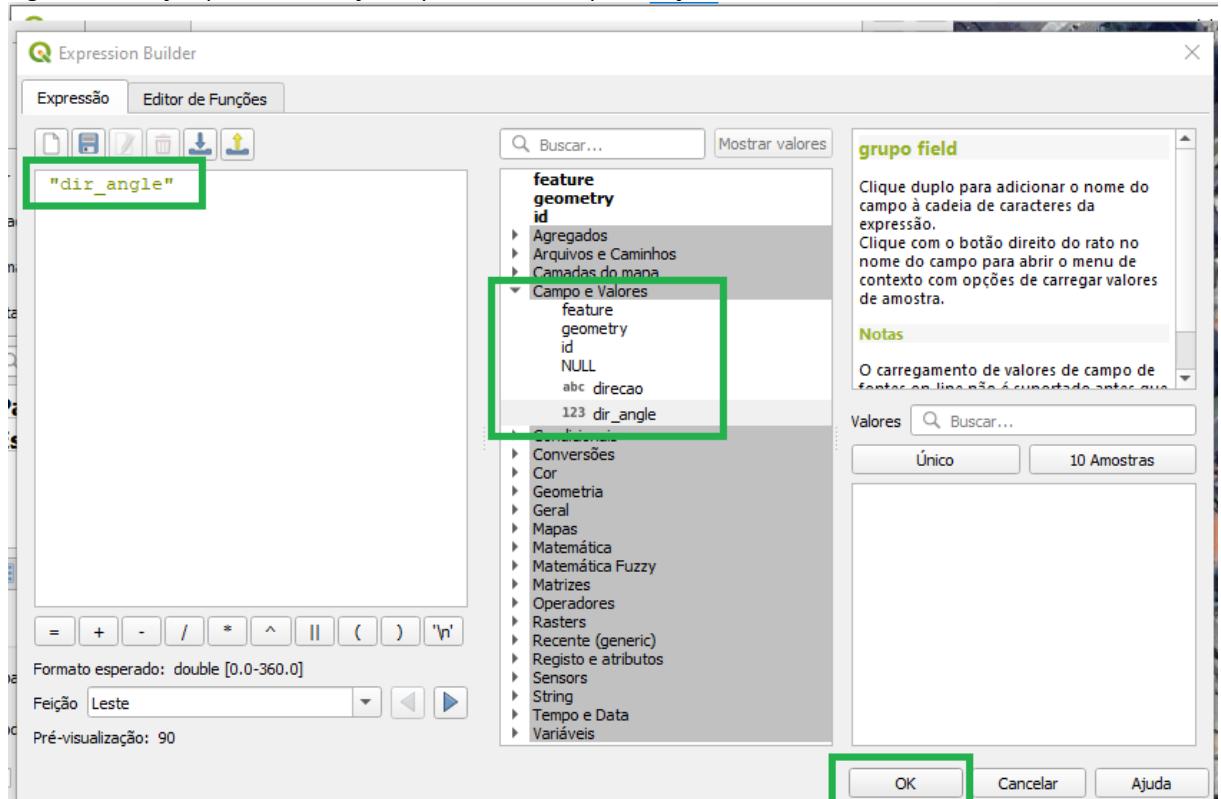


Figura 39 - Edição para substituição específica do campo Rotação.



Após essa edição, basta clicar em OK e aplicar. Cabe ainda lembrar que precisamos ainda editar o símbolo para que ele represente uma flecha. Para isso, vamos modificar o marcador que temos. Primeiro vamos trocar o símbolo ponto por um triângulo e adicionaremos um novo marcador simples representando um retângulo (Figura 40).

Com os dois marcadores simples, remova o traço de ambos os marcadores (para que a seja não apresente descontinuidades); configure o deslocamento X e Y (para alinhar as geometrias usadas); e configure o tamanho e cor conforme necessidade do mapa. Após esse procedimento, você obterá algo similar ao apresentado na figura 41.

Figura 40 - Configuração para apresentar seta como símbolo no QGIS.

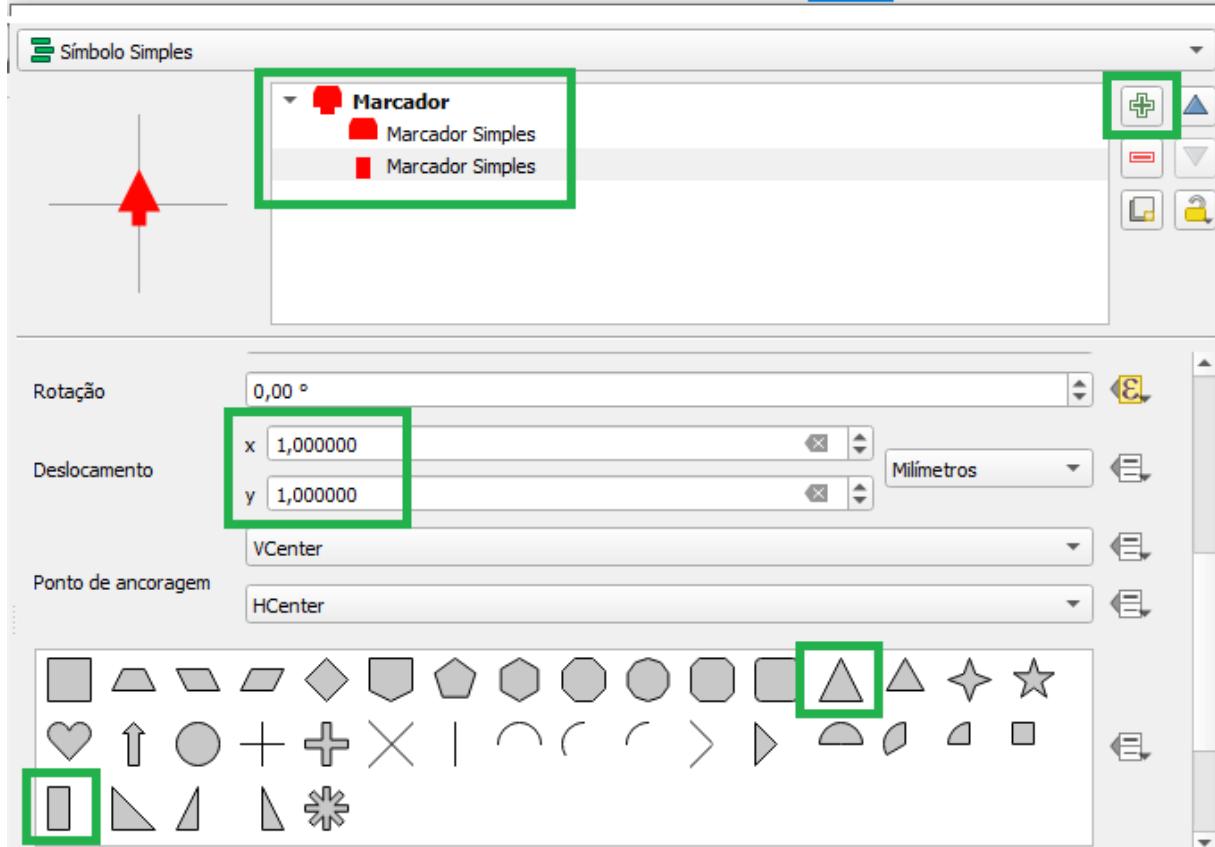
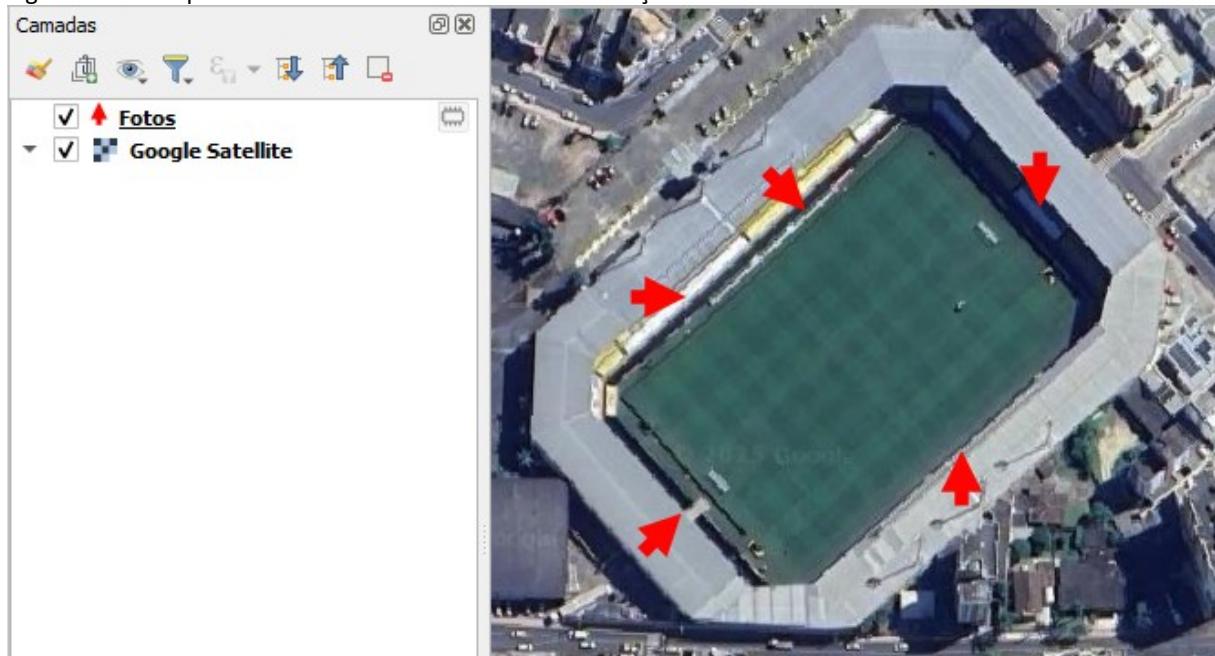


Figura 41 - Exemplo de símbolos orientados conforme direção da tabela de atributos.



Georreferenciamento de Imagens

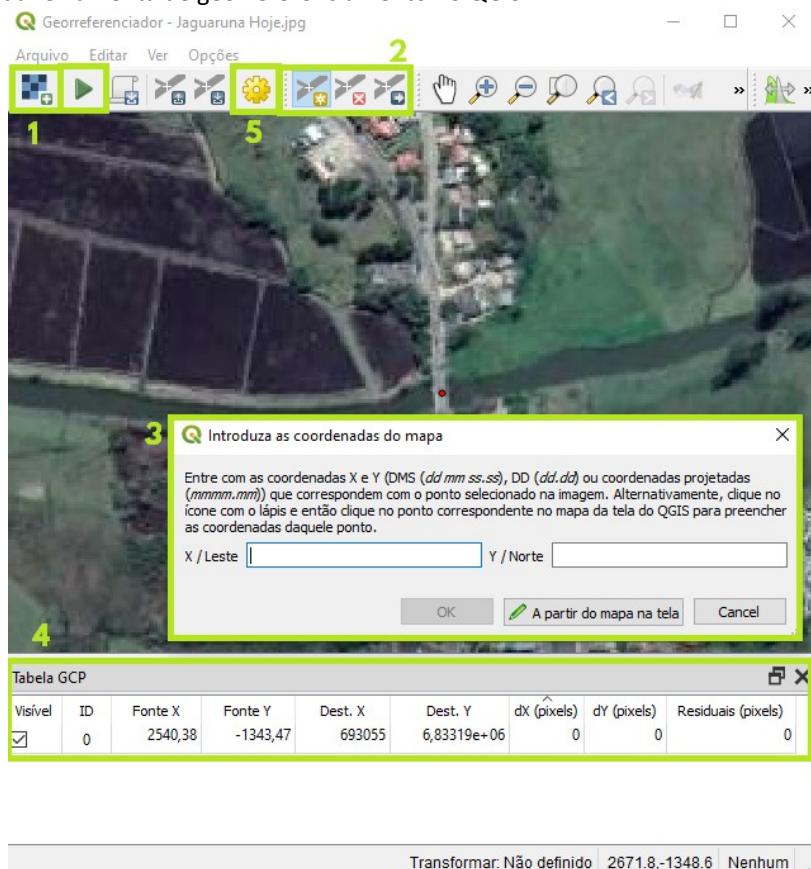
Embora grande parte das imagens aéreas disponíveis já estejam georreferenciadas (isto é, ao abrir elas no SIG, elas estarão com suas coordenadas no local certo), em algumas situações é necessário georreferenciá-las pois elas acabam ficando com coordenadas x e y iguais à 0.

Tais situações envolvem mapas antigos, imagens aéreas históricas ou planos diretores onde só temos acesso ao mapa finalizado.

No **QGIS**, vá em Raster > Georreferenciador. Na janela que será aberta, adicione a imagem sem referência, o QGIS irá solicitar em qual sistema de coordenadas ela está, assim, escolha aquele na qual você deseja georreferenciar (ou, caso seja uma mapa já finalizado, escolha o datum dele). A seguir, mostra o procedimento para adicionar pontos de georreferenciamento, sendo que os números apresentados são detalhados abaixo:

1. Botão para adicionar a imagem sem referência;
2. Botões para adicionar, remover ou mover pontos de controle;
3. Janela que será aberta quando você clicar na imagem sem referência e inserir a coordenada referente à este ponto;
4. Tabela dos pontos de controle adicionados (após a transformação, é indicado a quantidade de Residuais, isto é, o quanto de erro há em cada ponto – Quanto menos, melhor);
5. Botão para entrar nas configurações de georreferenciamento;
6. Botão para iniciar o georreferenciamento.

Figura 42 - Janela da ferramenta de georreferenciamento no QGIS.



No passo 5, nas configurações do georreferenciamento, a escolha do tipo de transformação é importante. Sugere-se o uso dos tipos Polinomial 1 ou Projetiva. Abaixo é apresentado a descrição dos tipos disponíveis:

- Linear: Usado apenas para criar um arquivo World (relacionado ao georreferenciamento);
- Helmert: Transforma o raster por meio de rotações e modificação da escala;
- Polinomial 1: Transforma o raster, preservando colinearidade (linha de pontos na imagem inicial se manter alinhada na imagem final), permitindo rotacionar, modificar a escala e translação;
- Polinomial 2 e 3: Transforma o raster usando equações de 2º ou 3º grau, inserindo curvaturas no raster (modificando, assim, a distância);
- Suavizador em Lâminas Finas (TPS): Método de georreferenciamento moderno, permitindo deformações locais (útil para imagens de baixa qualidade);
- Projetiva: Rotação linear e translação das coordenadas (útil para imagens escaneadas).

Ainda no passo 5, o método de reamostragem se refere a como os pixels serão realocados na imagem nova. Sugere-se o uso dos vizinhos mais próximos (para não alterar as estatísticas da imagem) ou o cúbico suavizado (para um valor mais suavizado).

Após inserir todos os pontos de controle, você pode escolher o tipo de transformação e verificar aquele que fornece um menor erro. Você ainda pode desmarcar pontos na tabela de pontos de controle para verificar a influência nos erros obtidos.

Por fim, clique no botão para iniciar o georreferenciado. Após isso, o QGIS irá adicionar a imagem ao projeto.

Cobertura e Uso do Solo

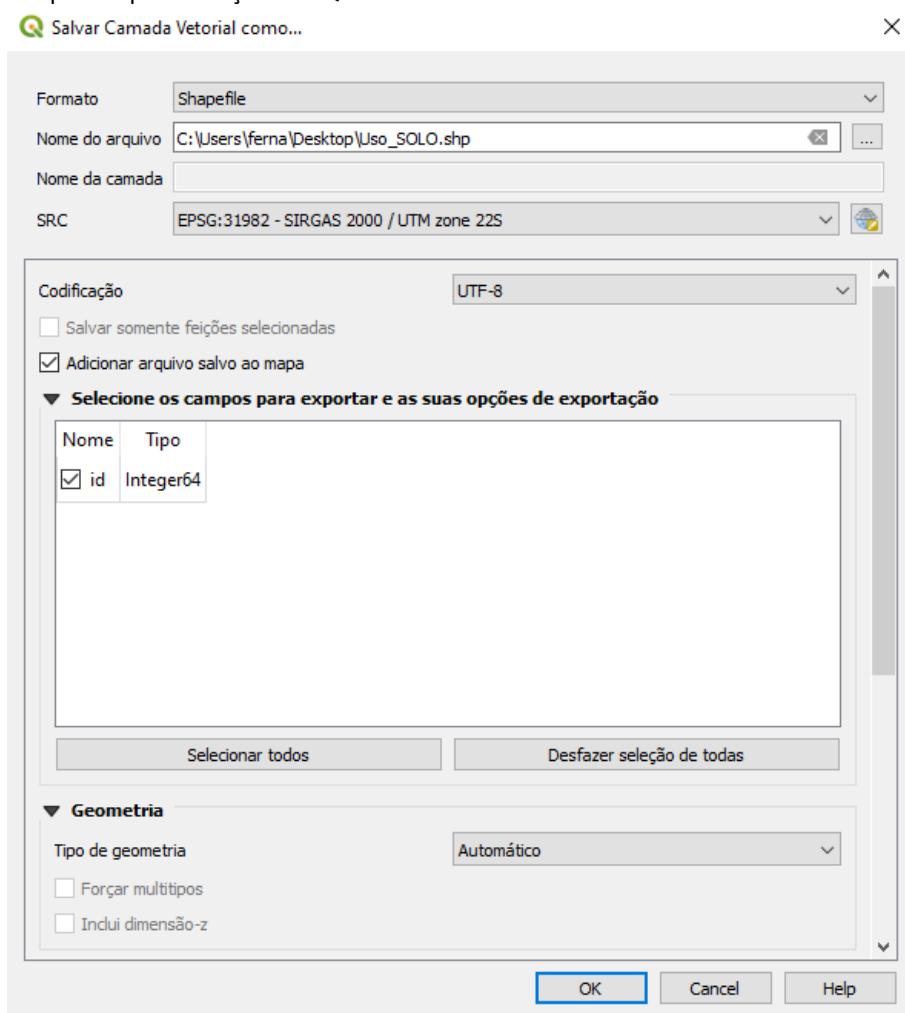
O desenvolvimento de mapas temáticos como o de Uso e Cobertura do Solo são fundamentais em estudos ambientais para quantificar o impacto do empreendimento em áreas contendo matas nativas, agricultura, residências ou outros usos que não poderão coexistir na área.

Nesse sentido, o SIG torna-se um grande aliado, possibilitando realizar essa quantificação de forma rápida e eficiente.

O ideal para as áreas diretamente afetadas (ADA) pelo empreendimento é o desenvolvimento deste mapa usando imagens aéreas levantadas por drones/VANTs, possibilitando maior detalhamento e o uso de uma imagem atualizada.

No **QGIS**, após adicionar a imagem aérea que será usada como base, crie uma cópia do seu shapefile que contém a sua área de estudo (ou da área que será mapeada). Você pode criar uma cópia dele clicando sobre o shapefile, indo em Exportar > Salvar Feição Como (Figura 43). Lembre-se que é por este caminho que você pode exportar seus shapefiles para formatos como KMZ (Google Earth) ou DXF (AutoCAD).

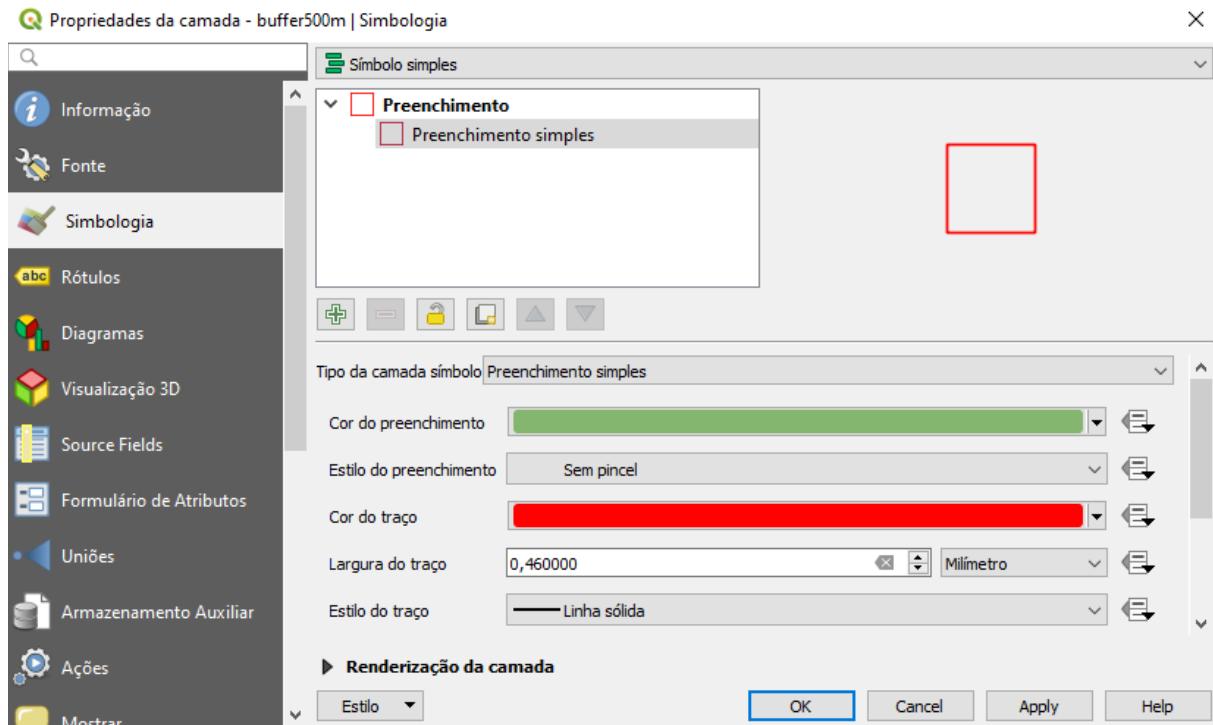
Figura 43 - Janela para exportar feições no QGIS.



Após exportar o arquivo shapefile, você terá um novo arquivo vetorial que deverá ser recortado várias vezes, contornando os usos do solo definidos.

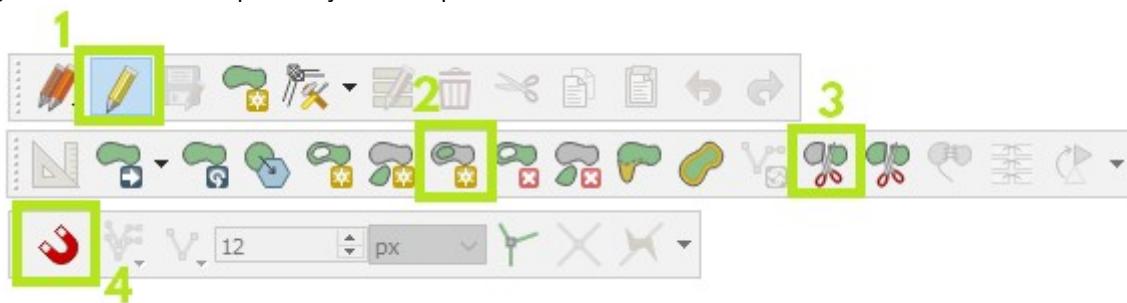
Para realizar esse procedimento, iremos configurar a simbologia do shapefile uso do solo para que ele não tenha preenchimento, possibilitando que visualizemos a imagem aérea que estará no fundo. Para isso, clique com o botão direito sobre o shapefile e clique em Propriedades. Na aba Símbologia, mantenha a simbologia como símbolo simples e preenchimento simples, clique no segundo e no Estilo de Preenchimento, coloque sem pincel. Você ainda pode aumentar a espessura da linha em Largura do Traço, para facilitar a visualização das divisões (Figura 44).

Figura 44 - Modificando a simbologia para delimitar os usos do solo.



Agora que já temos nosso shapefile preparado, vamos iniciar sua edição clicando sobre o lápis amarelo (1) na Barra de Menu e em seguida, vamos usar a ferramenta Quebrar Feições (3) para recortar nosso polígono em várias partes (conforme uso do solo). Caso seja necessário criar polígonos dentro do polígono existente, é necessário usar a ferramenta Preencher Anel (2). Além disso, em alguns momentos é interessante ligar as Ferramentas de Aderência (Snap) (4), disponíveis em Exibir > Barra de Ferramentas > Ferramentas de Aderência (Figura 45).

Figura 45 - Ferramentas para edição do shapefile no QGIS.

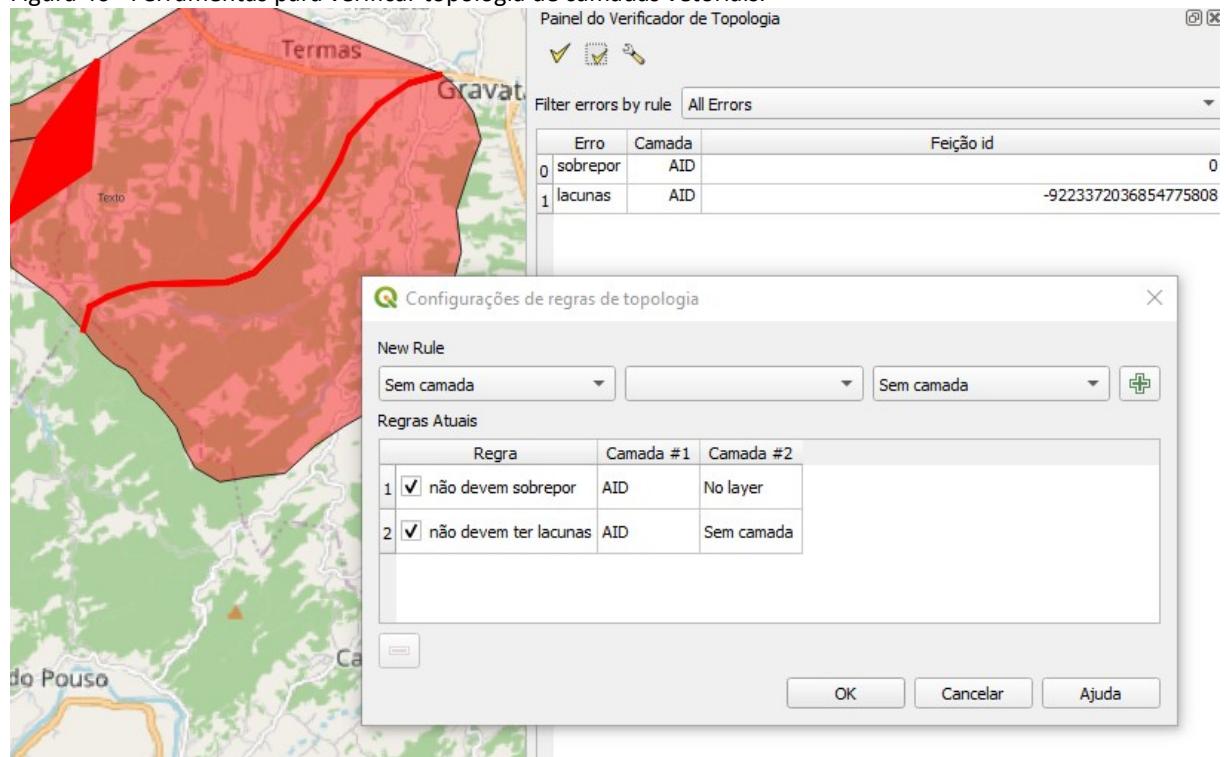


Após finalizar as edições, salve clicando no disquete azul.

Nosso procedimento adota a quebra de feições para garantir que não haja “buracos” entre as geometrias do uso solo. Porém, caso você encontre uma camada de uso do solo que você queira identificar as inconsistências, você pode utilizar a ferramenta Verificador de Topologia (disponível no

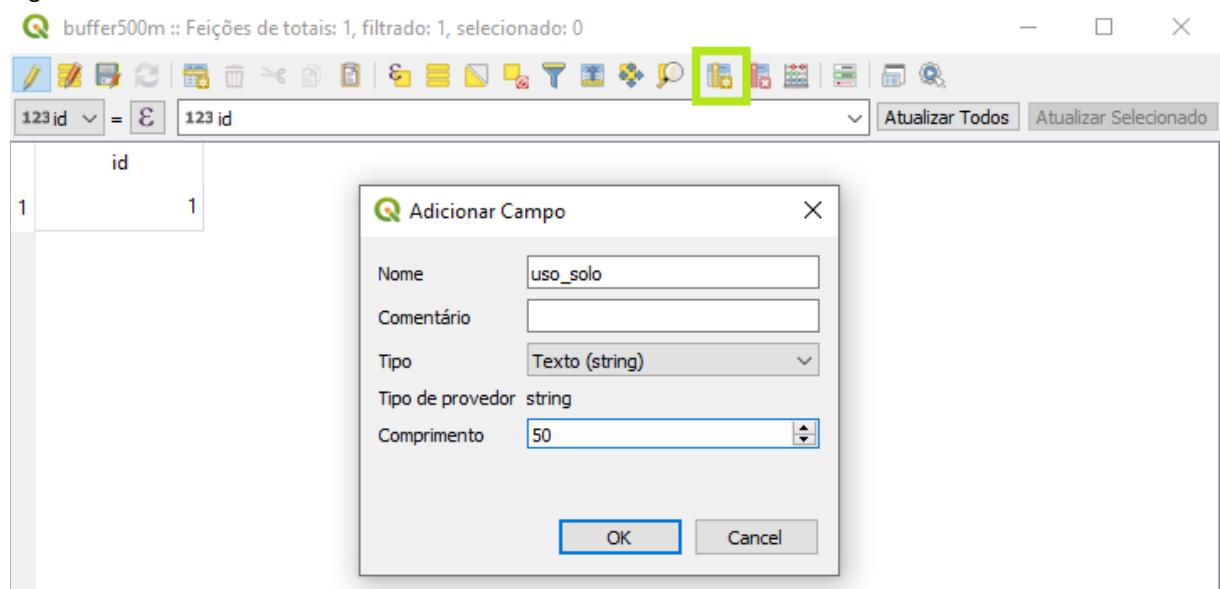
menu Vetor). Com ela você pode rapidamente identificar “buracos” entre geometrias e se há geometrias sobrepostas, entre outras inconsistências (Figura 46).

Figura 46 - Ferramentas para verificar topologia de camadas vetoriais.



Agora vamos criar uma nova coluna na tabela de atributos para receber a classe de uso do solo de cada polígono criado. Clique sobre o shapefile de uso do solo com o botão direito e selecione Abrir Tabela de Atributos. Procure por Novo Campo para adicionar uma nova coluna, uma nova janela será aberta onde você deverá indicar o nome da coluna, o tipo de dado a ser armazenado e seu tamanho (Figura 47).

Figura 47 - Adicionando nova coluna na tabela de atributos.



Agora você pode selecionar os polígonos de uso do solo, sendo que ao selecioná-los no mapa, eles serão também selecionados na tabela de atributos, possibilitando adicionar qual é o tipo de uso do solo. Após renomear todos os polígonos, salve e finalize a edição.

Para concluir o mapa de uso do solo, basta modificar a simbologia do seu mapa considerando a coluna da tabela de atributos contendo os dados referentes às classes de uso do solo.

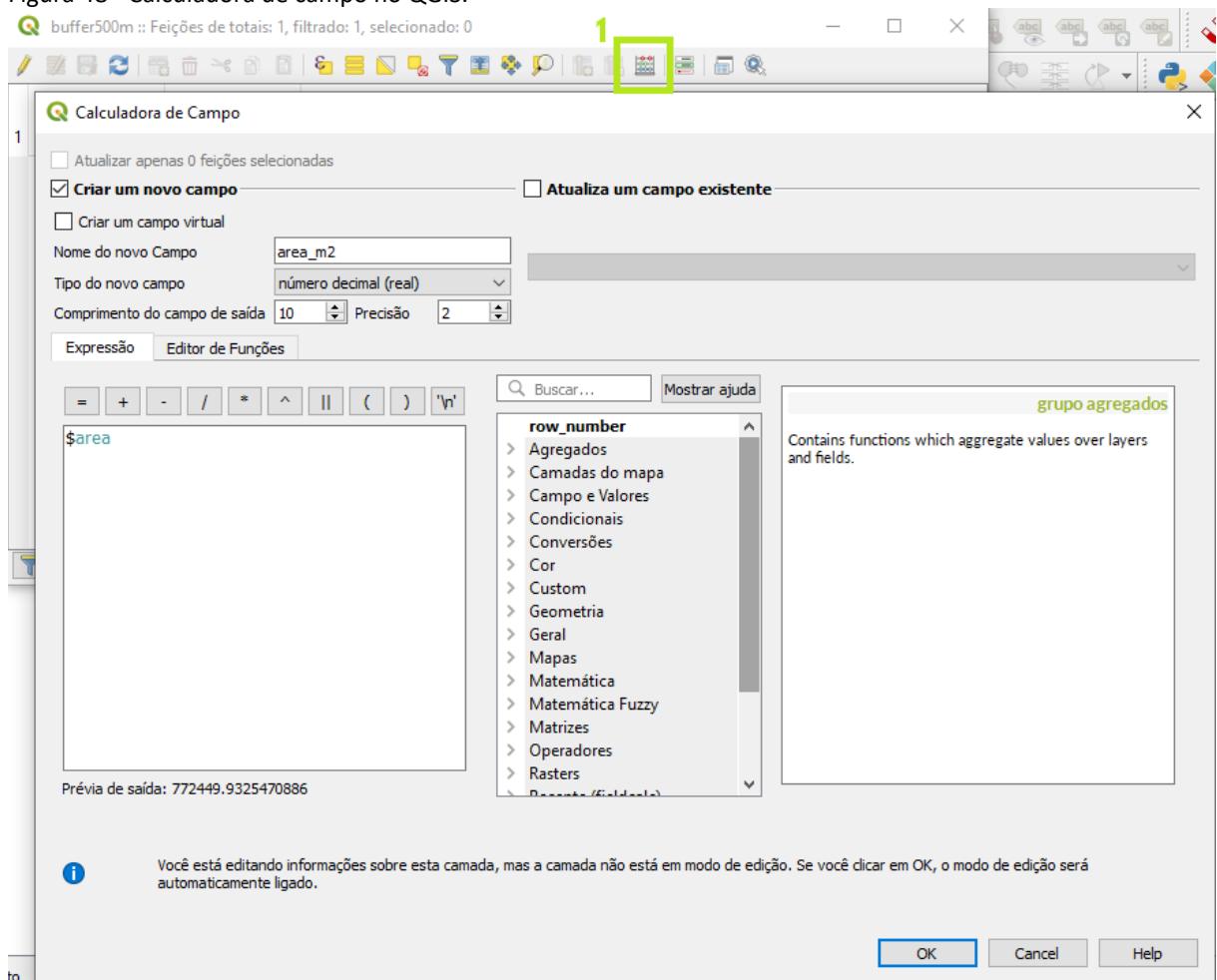
Cálculo de Áreas

Em várias situações será necessário o cálculo das áreas ocupadas por cada classe de uso do solo. Para resolver esse problema, vamos utilizar a calculadora de campo (Field Calculator).

No **QGIS**, primeiramente é necessário configurar o modelo elipsoidal usado no cálculo da área. Para isso, na barra de menu, vá em Projeto > Propriedades e em seguida, clique na aba Geral. Procure pelo item “Elipsóide (para cálculo de distância e área)” em Medidas e troque ele por “None / Planimetric”.

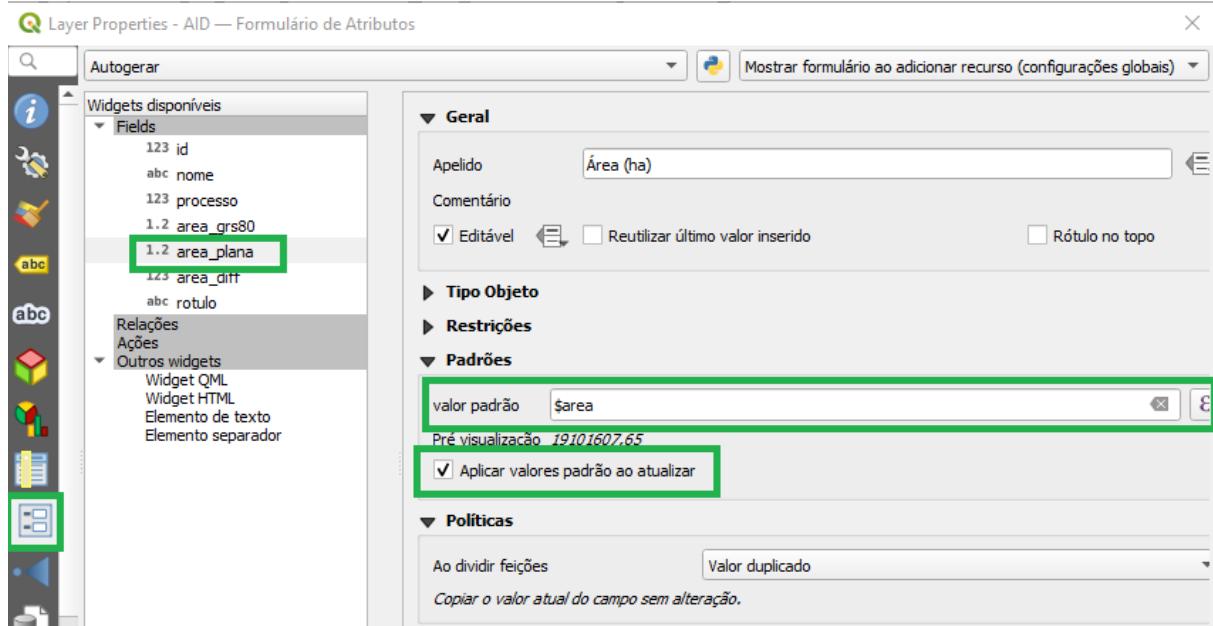
Agora vamos abrir a tabela de atributos do nosso shapefile de uso do solo e vamos clicar em Abrir Calculadora de Campo (1). Nela, vamos marcar que queremos criar uma nova coluna chamada “area_m2”, do tipo Número Decimal, com precisão de 2 (duas casas decimais). Como expressão, vamos usar o código \$area, o qual irá retornar os valores de área de cada polígono criado (Figura 48).

Figura 48 - Calculadora de campo no QGIS.



Nessa situação, calculamos a área das geometrias da forma como elas estão naquele momento (isto é, uma “fotografia” da propriedade área). Caso você deseje que a área fique atualizando automaticamente conforme você edita as geometrias, você deve configurar o item Valor Padrão do campo que armazena a área. Isso pode ser feito indo nas Propriedades da camada e depois na aba Formulário de Atributos. Lá você definirá a expressão `$area` e irá marcar o campo ‘Aplicar valores padrão ao atualizar’ (Figura 49).

Figura 49 - Valor padrão de campo de área para atualização automática conforme edição.



Embora o QGIS tenha complementos para resumir os dados de áreas das classes de uso do solo (vide botão Mostrar Resumo Estatístico Σ), sugerimos usar o Excel para realizar essa filtragem. Para realizar isso, exporte o shapefile com as classes de uso do solo e área para CSV (Clique sobre o shapefile, vá em Exportar > Salvar Feição Como). Na janela aberta, mude o formato para Valor Separado por Vírgula (CSV), possibilitando a abertura do arquivo no Excel.

No Excel, selecione as colunas das classes de uso do solo e das áreas e vá na aba Inserir e clique no botão Tabela Dinâmica. Na janela que será aberta, aperte OK. Uma nova aba da planilha será adicionada.

No menu da tabela dinâmica, adicione o uso do solo como linha (ou coluna) e a área como valores (e selecione para que este seja somado – Você pode fazer isso clicando sobre ele, indo em Configurações do Campo). Agora você tem um resumo das suas áreas de forma fácil e rápida. A Figura 50 mostra a tabela no formato inicial e após a aplicação da tabela dinâmica.

Outra opção para resumir os dados de uso do solo e apresentar eles no mapa final, é utilizar a ferramenta “Estatística por Categoria” (Figura 19), disponível em Processamento > Caixa de Ferramentas. Essa ferramenta cria uma nova camada do tipo tabela a qual você pode puxar diretamente no layout de impressão (Veja o item seguinte “Extração de Vértices e suas Coordenadas” para descobrir como realizar esse processo).

A ferramenta “Estatística por Categoria” pode apresentar problemas caso a camada de uso do solo seja atualizada, sendo necessário rodar a ferramenta novamente. Para criarmos uma camada desse tipo que atualize automaticamente, vamos criar uma Camada Virtual. Ela está disponível em Camadas > Criar Nova Camada > Nova Camada Virtual.

Figura 50 - Tabela convencional, dinâmica e seu painel no Excel.

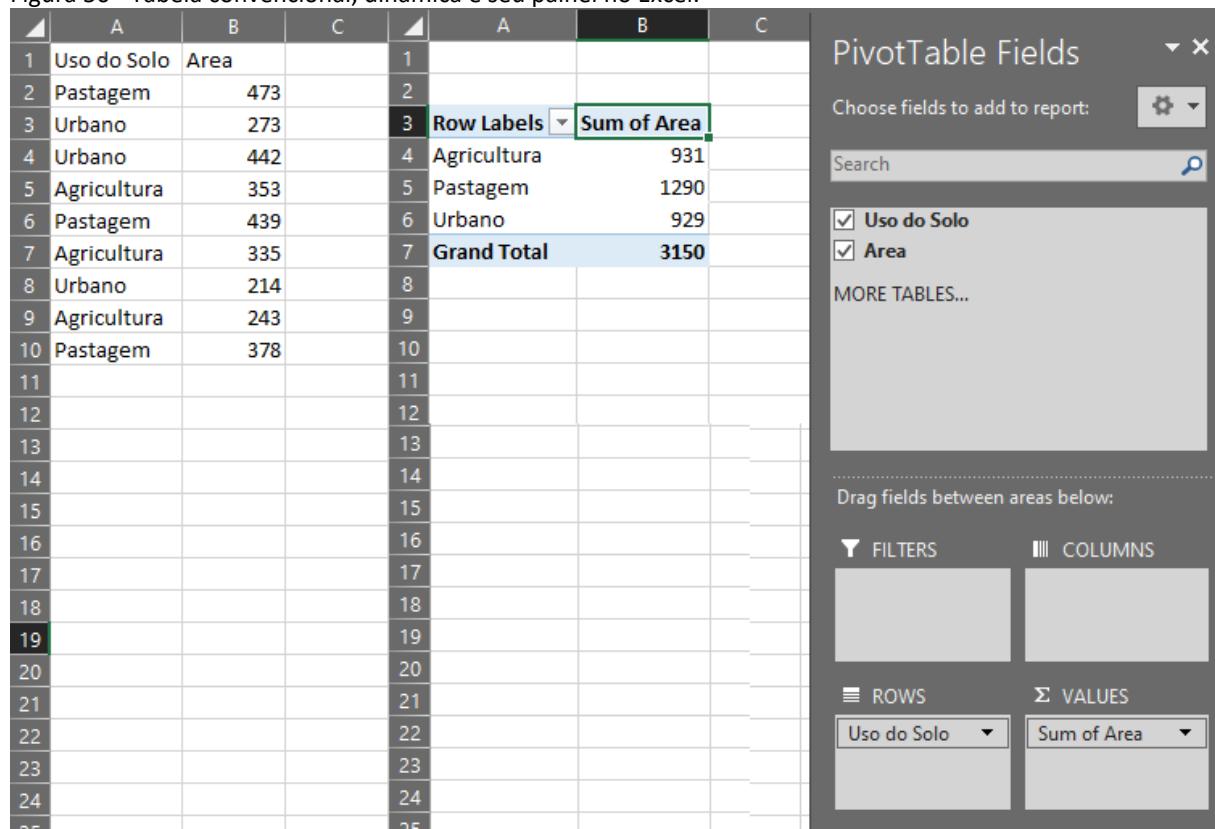
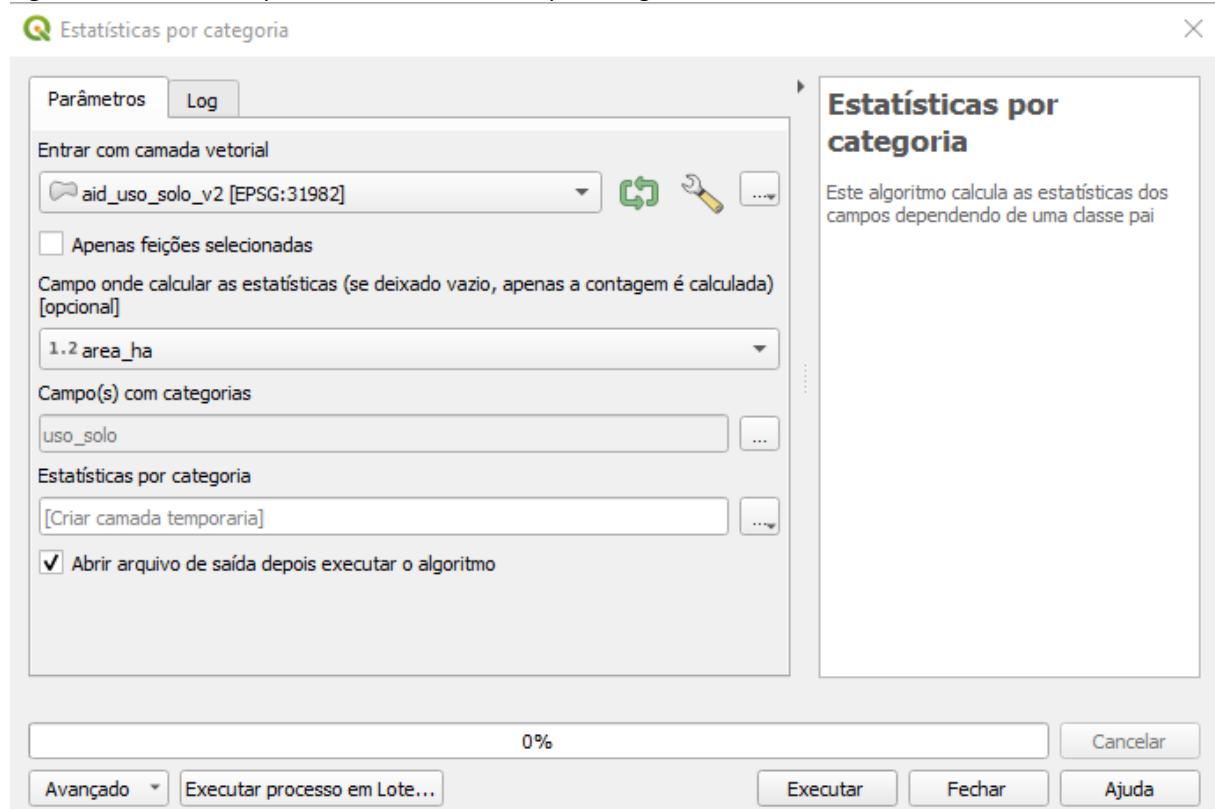


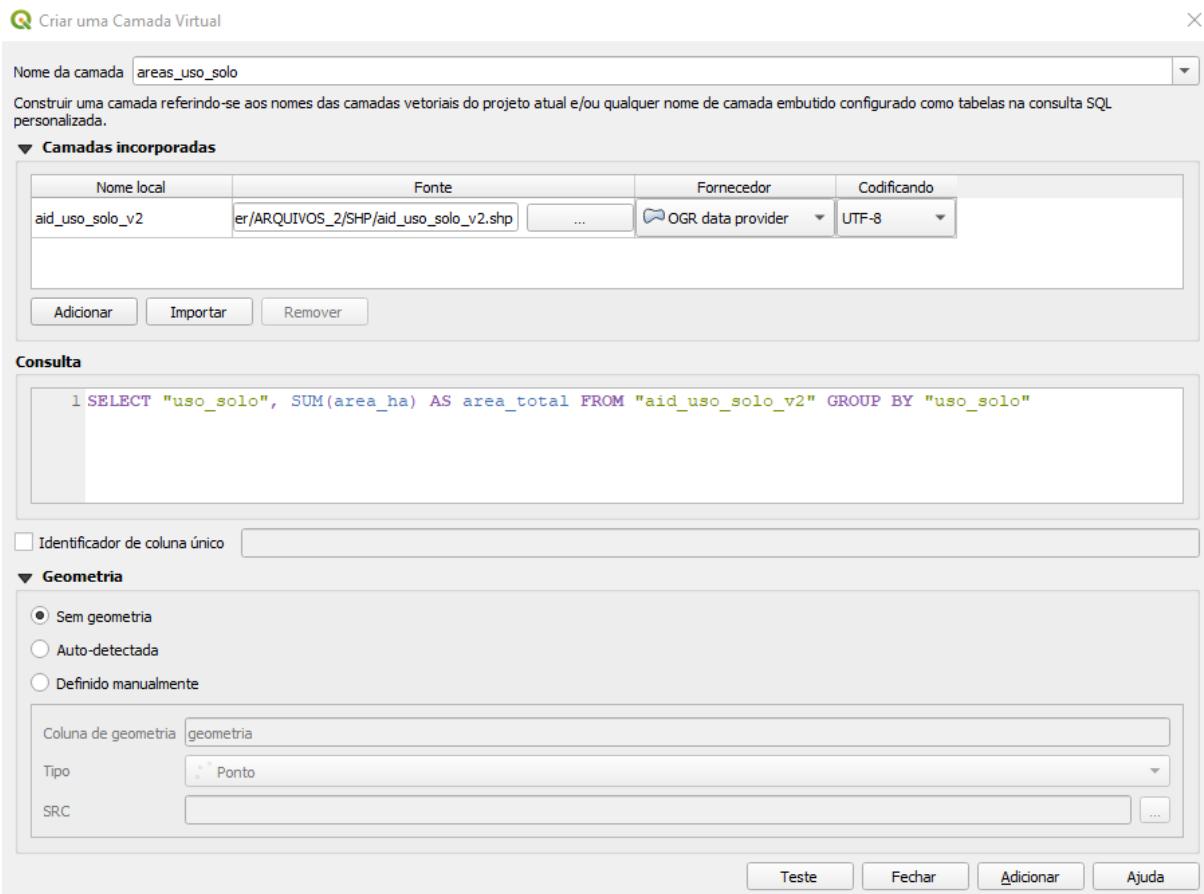
Figura 51 - Ferramenta para cálculo de estatística por categoria.



Na janela aberta para criação da camada virtual, você deverá fornecer o nome da camada que será criada e quais camadas serão usadas na camada virtual, sendo que nesse caso, será a camada de uso do solo. O botão Adicionar é usado para puxar uma camada que não está no projeto do QGIS e Importar irá mostrar as camadas existentes no projeto.

Em seguida, temos o item Consulta, nessa opção você deverá inserir um consulta SQL para montar a nossa tabela. Para o nosso mapa de uso de solo, vamos usar a seguinte consulta: `SELECT "uso_solo", SUM(area_ha) AS area_total FROM "aid_uso_solo_v2" GROUP BY "uso_solo"`. Após preencher tudo, clique em Teste para verificar se a consulta está certa e depois adicione a camada virtual (Figura 52). Lembre-se que você pode editar o campo consulta mesmo após já ter inserido a camada no QGIS, basta clicar sobre ela com o botão direito e ir em Editar Camada Virtual.

Figura 52 - Inserção de Camada Virtual no QGIS para agregar resultados da camada de uso do solo.



Extração de Vértices e suas Coordenadas

Usualmente no licenciamento ambiental de empreendimentos que irão derrubar mata nativa, o órgão ambiental solicita os vértices e suas coordenadas da área que será desmatada. Agora que já temos o mapa de uso do solo, podemos isolar as geometrias de mata nativa e gerar os vértices dela.

Você pode realizar a seleção dessas geometrias pode ser feita na mão (clicando em cada polígono) ou pela tabela de atributos (construindo uma expressão para selecionar os registros que tenham atributo igual à mata nativa).

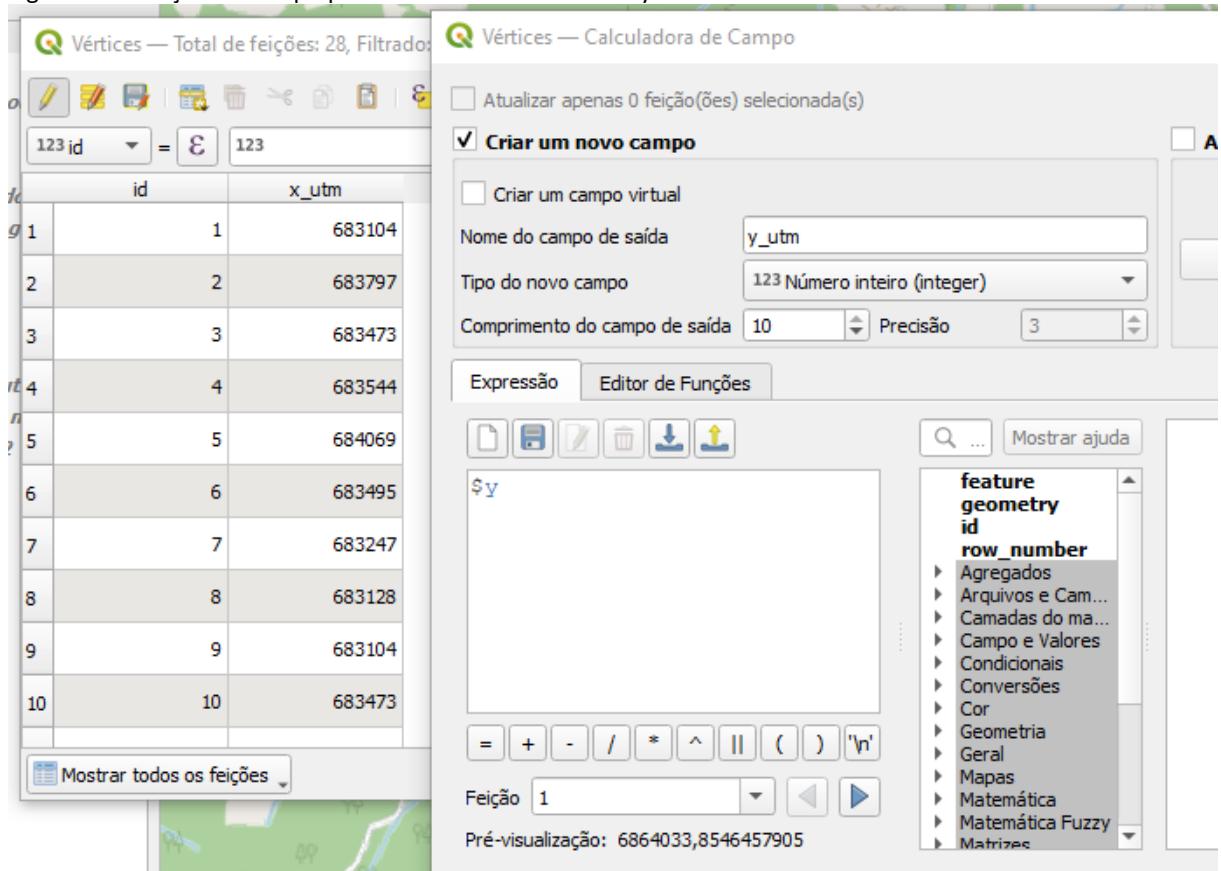
Com os polígonos selecionados, vamos utilizar a ferramenta Extrair Vértices (disponível em Vetor > Geometrias). Nessa janela, indique como camada de entrada a camada de Uso do Solo e

marque a opção “Apenas feições selecionadas”. Em sequida, só indicar o local para salvar o arquivo gerado.

Uma camada com vários pontos será gerada, onde os pontos são os vértices do polígono. Na tabela de atributos há várias colunas, as quais você pode deletar, exceto id. Em seguida, vamos criar duas novas colunas para salvar as coordenadas dos vértices. Para isso, vamos usar a calculadora de campo, a qual deverá usar a expressão \$x para criar o campo com a coordenada x, e \$y para criar o campo com a coordenada y (Figura 53).

Em seguida, você pode exportar a camada de vértice como CSV e abrir ela no Excel para posteriormente colocar no seu relatório.

Figura 53 - Criação de campo para armazenar coordenada y do vértice.



Entretanto, caso você deseje utilizar essa tabela diretamente no seu mapa, há 3 opções. Primeiro, você pode formatar ela no Excel e salvar um print-screen dela para usar no mapa como imagem. Essa alternativa não é muito interessante porque a imagem pode perder qualidade nas situações que o leitor der um zoom nela.

A segunda opção é a mais indicada para a maioria dos usuários. No layout de impressão, você pode adicionar a própria tabela de atributos no mapa. Isso é feito clicando-se em Adicionar Item > Adicionar Tabela de Atributos. Você deverá configurar a aparence dela (0), como definir a formatação dos dados(1, 2 e 3), modificar o título das colunas (4), indicar os atributos que irão aparecer nela (5), número máximo de linhas (6) e aplicar filtros (7) (para conseguir apresentar mais de uma tabela da mesma camada). A figura 54 apresenta a localização dos itens citados conforme a numeração apresentada.

A terceira opção é a criação de uma tabela em HTML e inserção dela no layout de impressão. Na janela de impressão, você deverá ir em Adicionar Item > Adicionar HTML. Esse quadro pode receber o código HTML direto no QGIS (fonte) ou pode apontar para um arquivo HTML externo (URL) (Figura 55). Há sites que permitem facilmente criar tabelas em HTML, ex. tablesgenerator.com/html_tables.

Cabe por fim comentar que o QGIS também permite adicionar tabelas estáticas pelo seguinte caminho Adicionar Item > Adicionar Tabela Fixada.

Figura 54 - Configuração da aparência da tabela de atributos no layout de impressão.

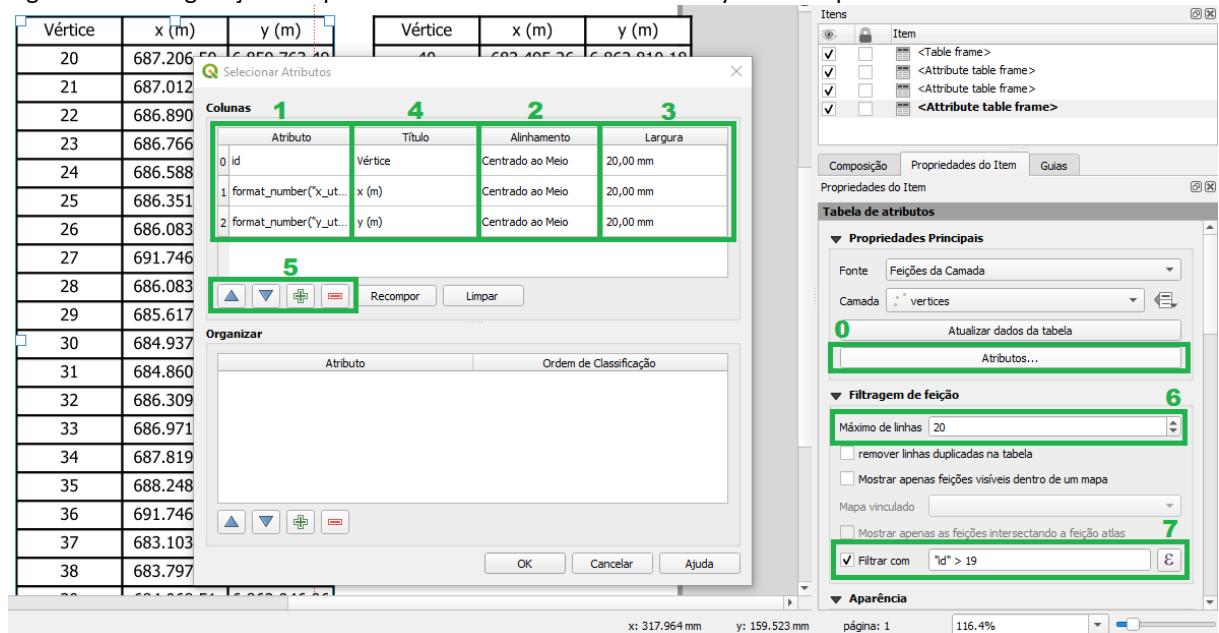
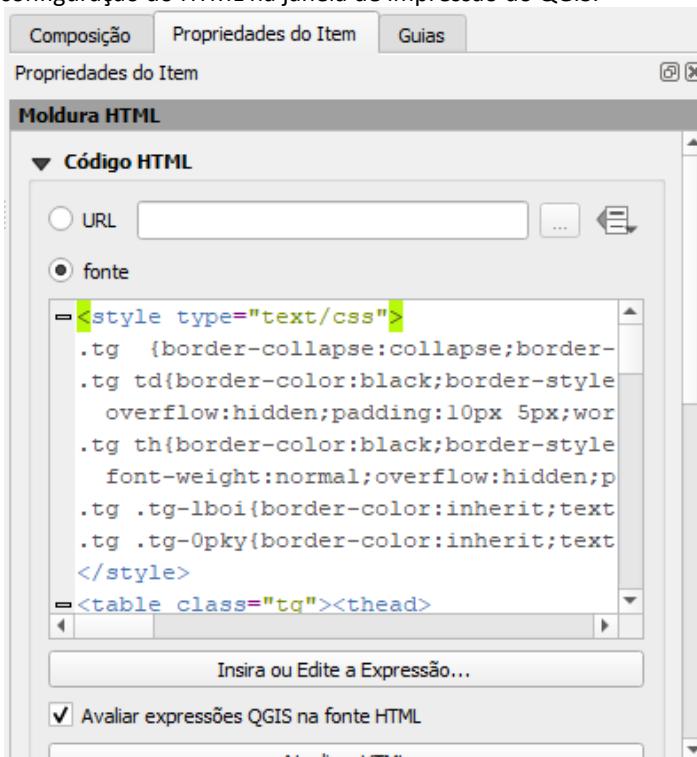


Figura 55 - Janela para configuração do HTML na janela de impressão do QGIS.



Cálculo de Volumes

No QGIS, para a realização do cálculo de volume são necessários alguns arquivos básicos, tais como um Modelo Digital de Terreno (MDT). Ele pode ser um MDT de um levantamento já realizado ou ainda pode ser gerado a partir de um conjunto de pontos com cota. Neste tutorial, iremos considerar a segunda opção.

Normalmente o arquivo shapefile dos pontos cotados já vem pronto do levantamento de campo, entretanto, para fins didáticos, uma grade de pontos pode ser gerada para receber os valores cotados de um MDT existe. As ferramentas utilizadas são Criar Grade (Figura 56) e Amostrar Valores do Raster (Figura 57).

Figura 56 – Ferramenta Criar Grade para gerar shapefile de pontos distribuídos em uma área definida.

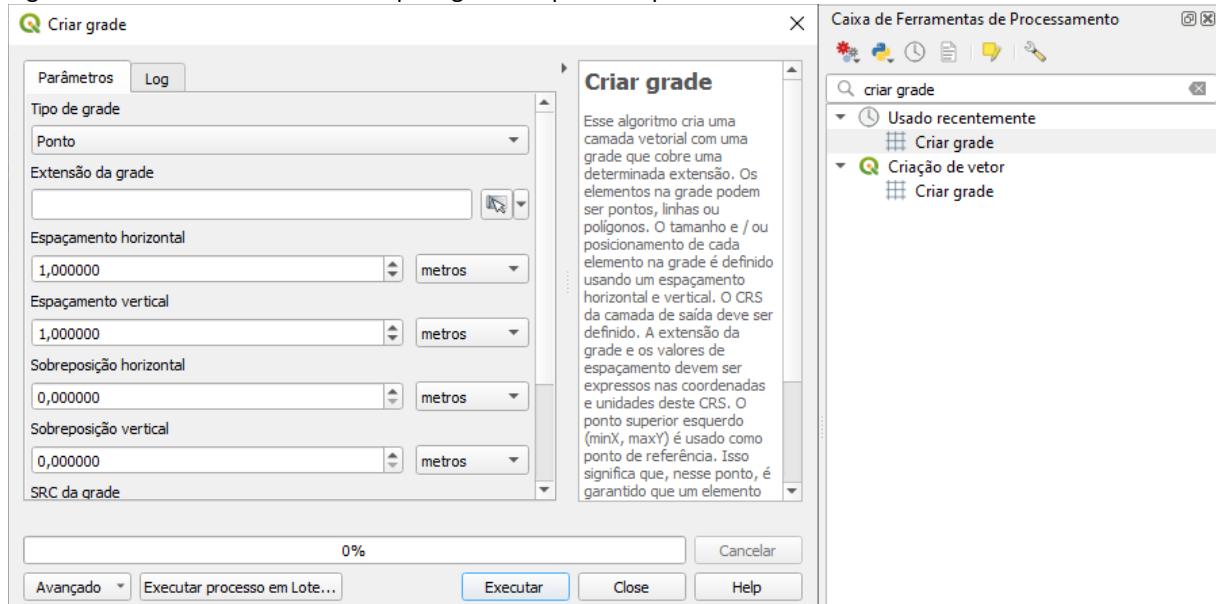
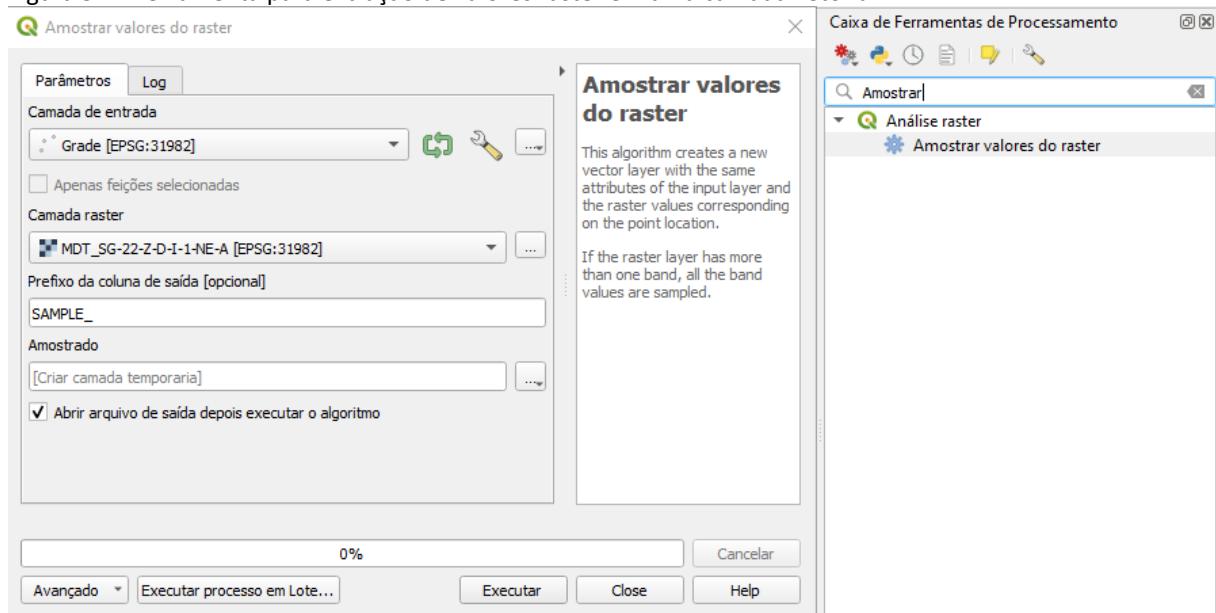
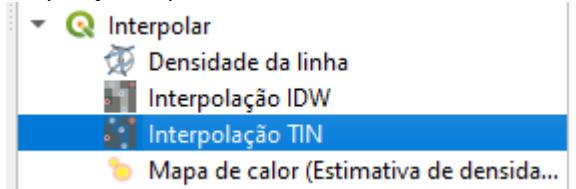


Figura 57 – Ferramenta para extração de valores raster em uma camada vetorial.



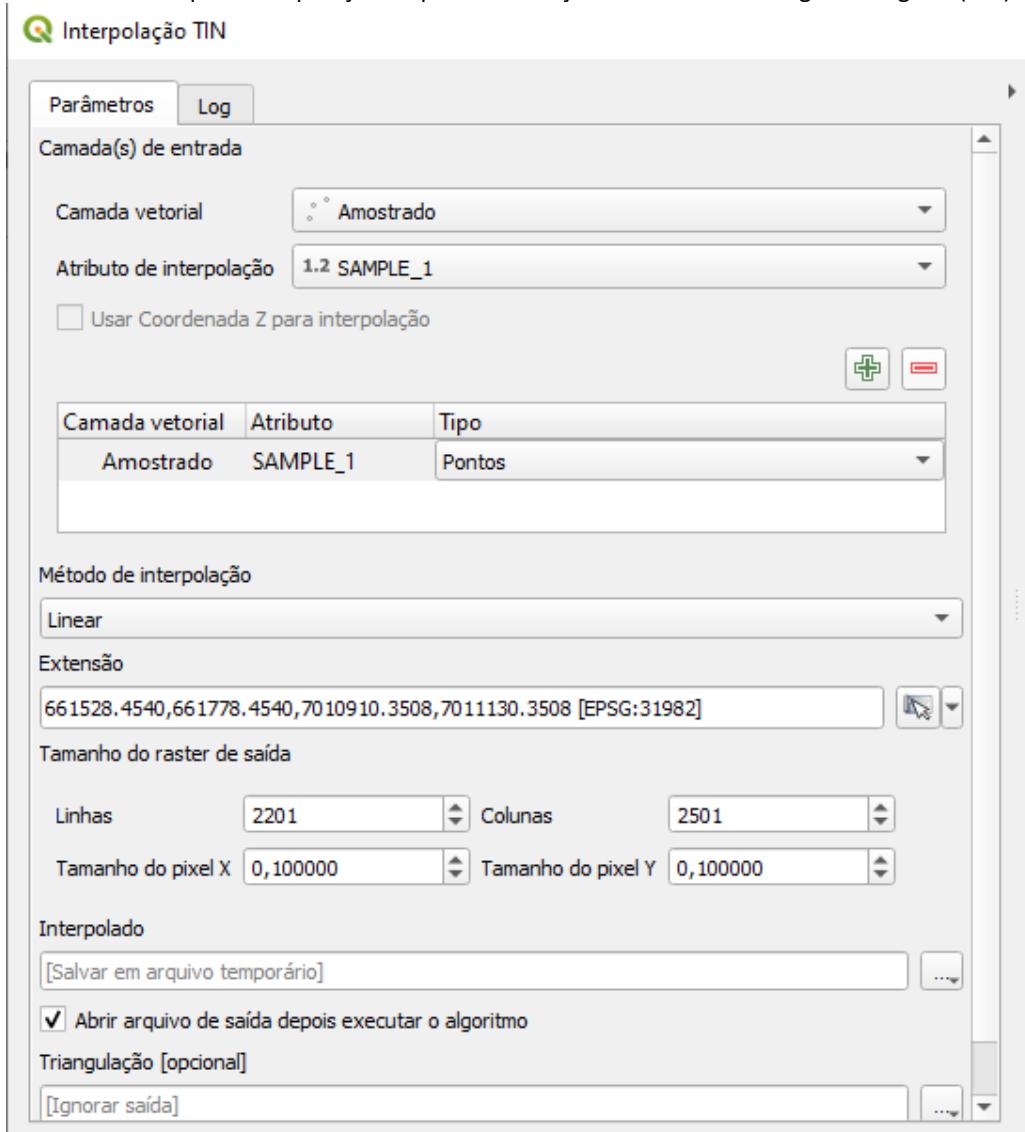
Após gerar a grade de pontos e amostrar os valores do MDT, é possível gerar uma superfície para realizarmos nosso cálculo de volume. A geração da superfície pode ser feita pelas ferramentas de interpolação do QGIS (Figura 58), porém, sugere-se o uso da ferramenta Interpolar TIN (criar uma rede triangular irregular).

Figura 58 – Ferramentas de interpolação disponíveis na Caixa de Ferramentas do menu Processamento.



Observe que a ferramenta Interpolação TIN (Figura 59) permite adicionar camadas vetoriais e a coluna da tabela de atributos com a cota, bem como permite adicionar camadas representando estruturas lineares e linhas de quebra. Além disso, você pode escolher o método de interpolação, extensão e o tamanho dos pixels do arquivo final.

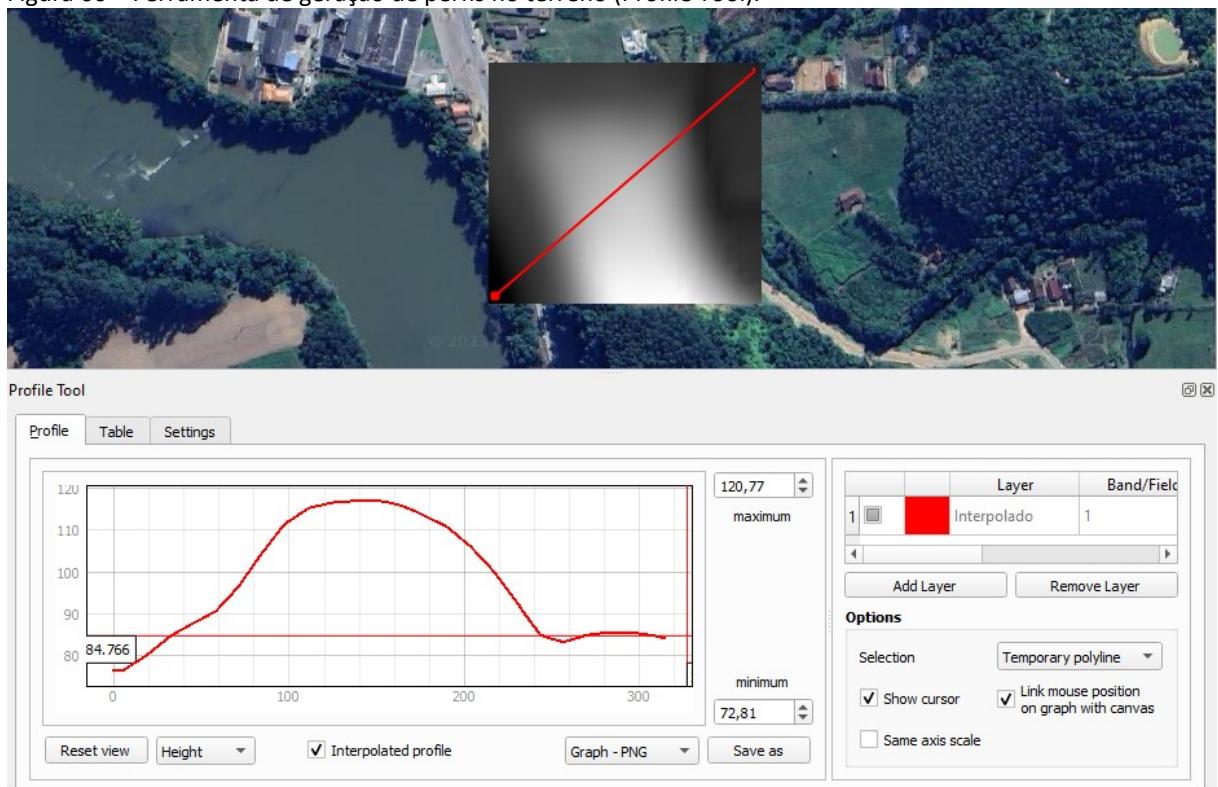
Figura 59 – Ferramenta para interpolação de pontos e criação de uma rede triangular irregular (TIN).



Cabe salientar que é possível gerar perfis longitudinais dos arquivos matriciais (raster) como MDT. Utilizando o complemento (Plugin) Profile Tool, você pode desenhar uma linha sobre o MDT e obter um perfil representando o terreno (Figura 60). Primeiro você precisará adicionar na ferramenta qual o MDT será amostrado (botão Add Layer), depois você deverá desenhar uma linha sobre o MDT. O perfil será gerado instantaneamente na ferramenta.

Você poderá exportar a imagem clicando em Save As. Os dados do perfil podem ser vistos na forma de tabela (Aba Table), possibilitando gerar um gráfico via Excel, por exemplo.

Figura 60 – Ferramenta de geração de perfis no terreno (Profile Tool).



Enfim, para o cálculo do volume, utilizaremos a ferramenta Volume de Superfície Raster (Figura 61). Nesta ferramenta, você deverá indicar o arquivo raster de entrada (MDT), qual é a banda a ser utilizada (normalmente os MDT só tem uma), e qual é a cota base para realizar o cálculo do volume.

Além disso, você deverá indicar qual é o método do cálculo do volume. Há quatro opções considerando o MDT fornecido como entrada, sendo elas: 1) Calcular o volume acima da cota base; 2) Calcular o volume abaixo da cota base; 3) Calcular o volume adicionando o que está acima da cota base e subtraindo o que está abaixo dela (Corte/Aterro); 4) Calcular o volume somando todo o volume, independente se ele está acima ou abaixo da cota base.

Também é necessário definir onde será salvo o relatório de saída (no formato HTML). O relatório de saída informará o volume calculado, contagem de pixels e área. Uma tabela também poderá ser gerada para abrir os dados no próprio QGIS (Figura 62). As unidades de medida dependerão da projeção adotada no arquivo de entrada.

Figura 61 – Ferramenta para o cálculo de volume no QGIS.

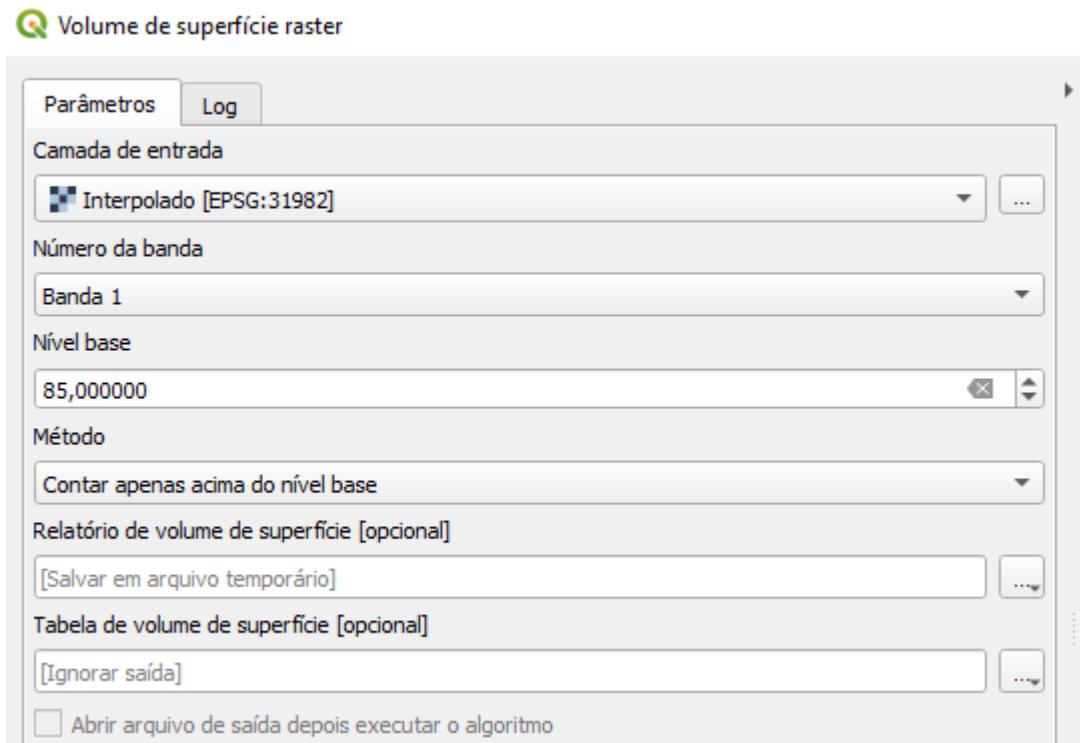


Figura 62 – Tabela mostrando resultados do cálculo de volume no QGIS.

Tabela de volume de superfície — Features Total: 1, Filt			
	volume	m2	pixel_count
1	789016,61551350	49281,68000000	4928168

Pode haver situações que a cota base não é única. Neste caso é necessário criar uma nova superfície (MDT) para ser utilizada como ‘cota base’. Isso pode ser obtido a partir das ferramentas de criação de TIN já mencionadas. Basta pegar somente os pontos cotados mais externos da área de cálculo e interpolar eles.

Com a ‘superfície base’, utilizaremos a ferramenta Calculadora Raster para obtermos a diferença entre nosso MDT e a superfície base (Figura 63). Após calcular a diferença, um novo raster será criado. Crie um shapefile de polígono abrangendo a área da diferença, ou da superfície base para utilizarmos a ferramenta Estatística Zonal (Figura 64).

A partir da estatística zonal, iremos calcular a soma de todos os pixels existentes dentro do polígono. Depois disso, basta multiplicar o resultado pelo tamanho do pixel para obter o volume estimado da área.

Figura 63 – Calculadora Raster para criar raster de diferença entre dois arquivos matriciais.

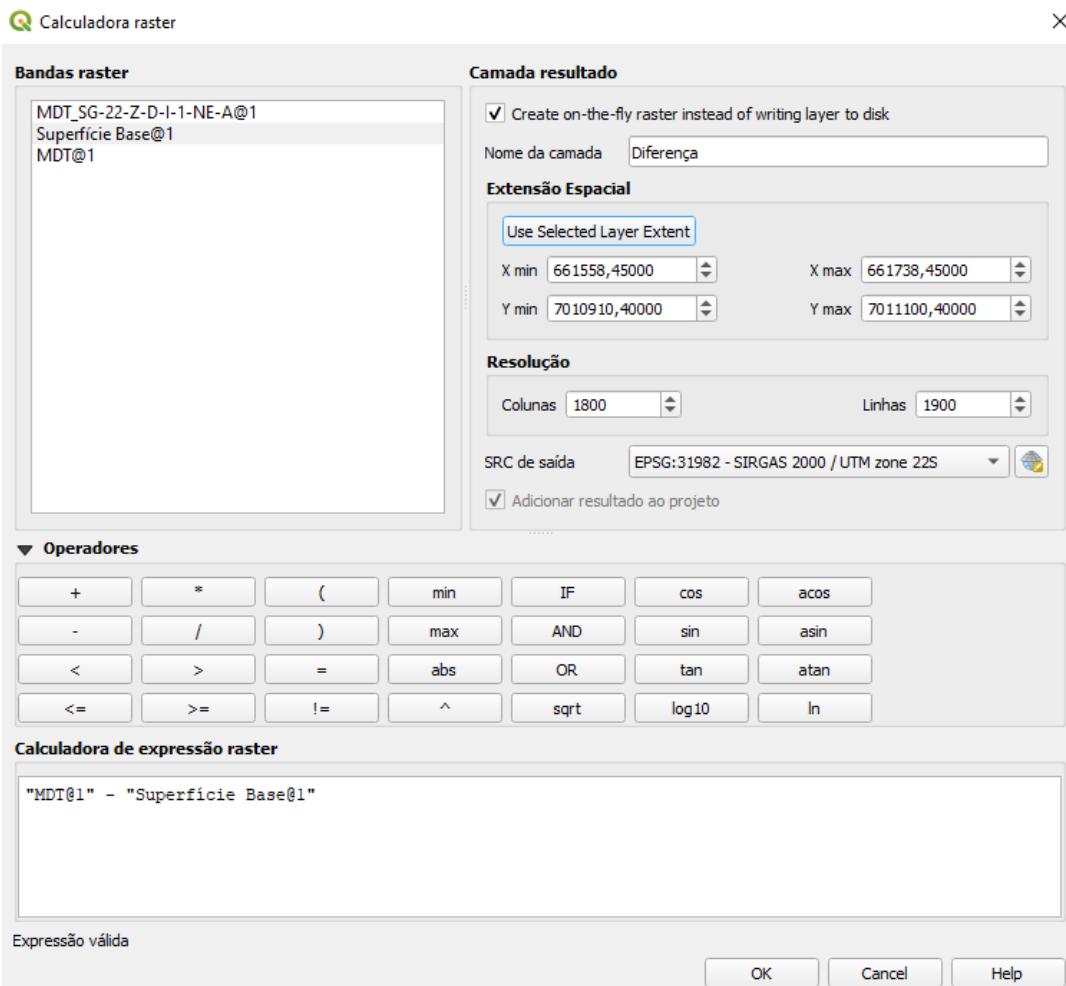


Figura 64 – Ferramenta estatísticas zonais.



Mapa de Fragilidade Ambiental

Os mapas de fragilidade ambiental podem ser utilizados para o cruzamento de diferentes mapeamentos e, posteriormente, destacar áreas que apresentam maior vulnerabilidade à impactos ambientais. Estes cruzamentos são realizados utilizando diferentes abordagens, tais como somatório de pontos, médias ponderadas, análise hierárquica de processos (AHP) ou lógica difusa (*fuzzy logic*).

Com relação aos dados, há duas formas de criar os mapas de fragilidade ambiental, é possível trabalhar com álgebra de mapas, fazendo-se uso de arquivos matriciais na ferramenta Calculadora Raster, ou pela união de arquivos vetoriais (onde cada arquivo tem em sua tabela de atributos uma coluna com a pontuação da geometria).

No nosso caso, iremos trabalhar com arquivos vetoriais e somatório de pontos. Antes de mexer com arquivos espaciais, precisamos definir a pontuação (quanto maior a pontuação, mais vulnerável). Para isso, vamos utilizar uma planilha. As tabelas seguintes mostram a pontuação de diferentes camadas. Cabe lembrar que, conforme o estudo, diferentes camadas podem ser adotadas.

Declividade (graus)	Pontuação
0 – 30	1
30 – 45	3
45 – 90	5

Uso do Solo	Pontuação
Área Urbanizada	1
Pastagem Reflorestamento	3
Mata Nativa Corpo d'água	5

Área de Risco	Pontuação
Sim	3
Não	0

Camada de Declividade

Nosso primeiro passo será recortar a camada de declividade conforme nossa área de estudo para não precisarmos processar todo o arquivo. O recorte deverá ser feito usando a ferramenta “Recortar Raster pela Camada de Máscara” (conforme já apresentado na Figura 33). Lembre-se que as camadas devem ter sistema de coordenadas definidos para que o recorte ocorra corretamente.

Após realizar o recorte, vamos reclassificar os valores dos pixels conforme a pontuação definida para os intervalos. Utilizaremos a ferramenta “Reclassificar por Tabela” (Figura 65). Nela vamos indicar nossa camada de declividade e montar a tabela de reclassificação (conforme pontuação apresentada anteriormente) (Figura 66).

Figura 65 – Ferramenta para reclassificar pixels de arquivos matriciais.

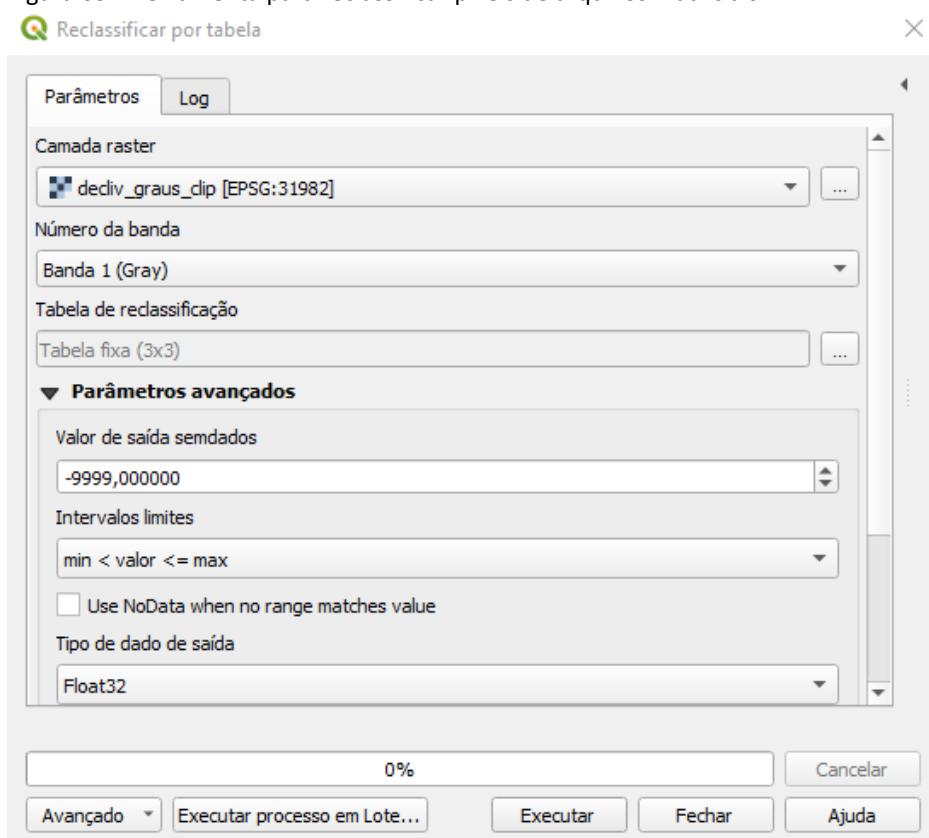
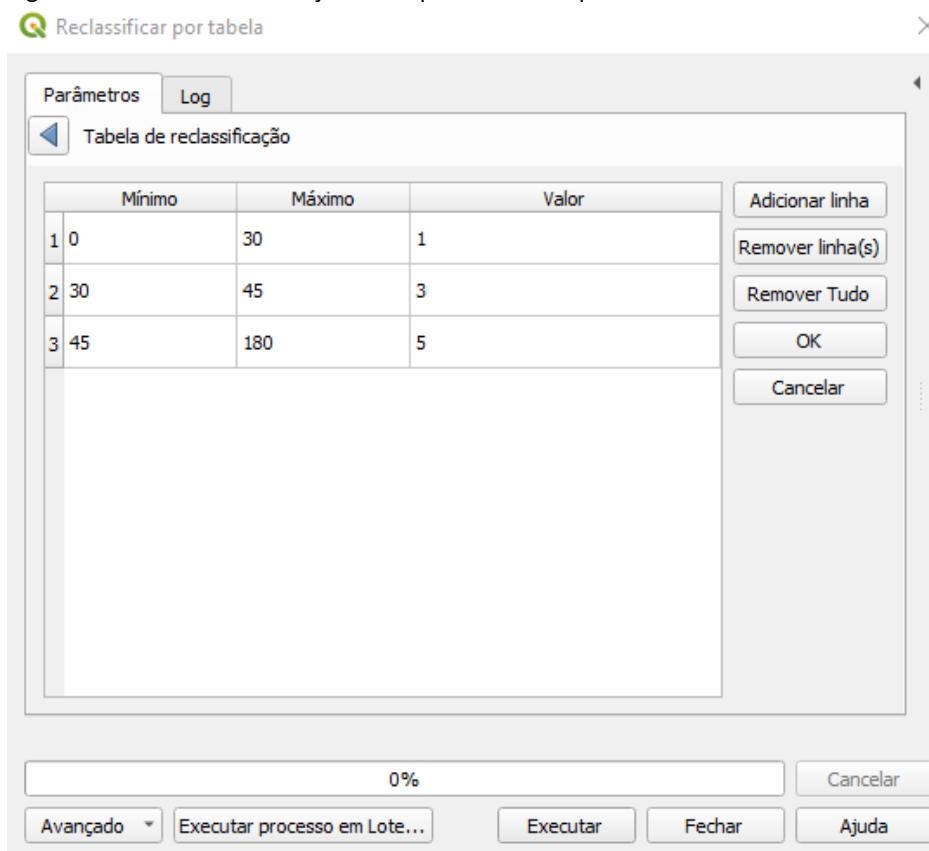
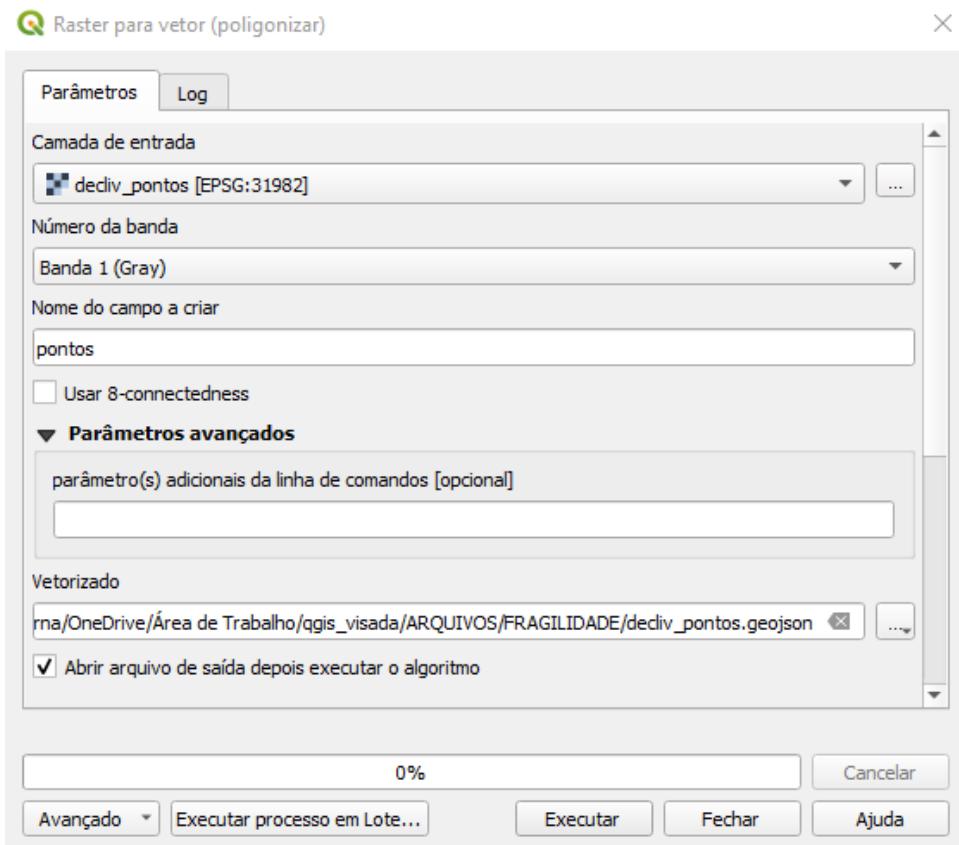


Figura 66 – Tela da classificação de arquivo matricial por tabela.



Considerando que iremos montar nosso mapa de fragilidade com arquivos vetoriais, vamos converter nossa declividade reclassificada para um arquivo vetorial. Essa conversão será realizada usando a ferramenta “Raster para Vetor (Poligonizar)” (Figura 67).

Figura 67 – Ferramenta para converter camadas matriciais para vetoriais.



Camadas de Uso do Solo e Áreas de Risco

A camada de uso do solo deverá ser preparada conforme já apresentado no capítulo de mapeamento do uso do solo. Já a camada de áreas de risco, estas são realizadas com mapeamentos de campos (dados primários) ou a partir de dados existentes (dados secundários) de órgãos como Serviço Geológico do Brasil (SGB).

Em ambos os casos, vamos precisar indicar na tabela de atributos a pontuação de cada uso do solo e área de risco. Nas situações de poucos registros, é possível fazer esse registro manualmente, porém, vamos apresentar utilizar a Calculadora de Campo para preencher os dados fixos e mostraremos como utilizar a propriedade União para juntar as pontuações automaticamente para cada registro.

Na camada de área de risco, como temos uma condição de SIM ou NÃO (campo booleano), basta apenas criarmos uma nova coluna com a pontuação da condição SIM (isto é, se a geometria existe, logo, temos uma área de risco) (Figura 68).

Para a camada de uso do solo, vamos preparar um arquivo de texto do tipo CSV com a pontuação. A figura 69 mostra a construção desse CSV.

Figura 68 – Criação de um novo campo com valor fixo na Calculadora de Campo da Tabela de Atributos.

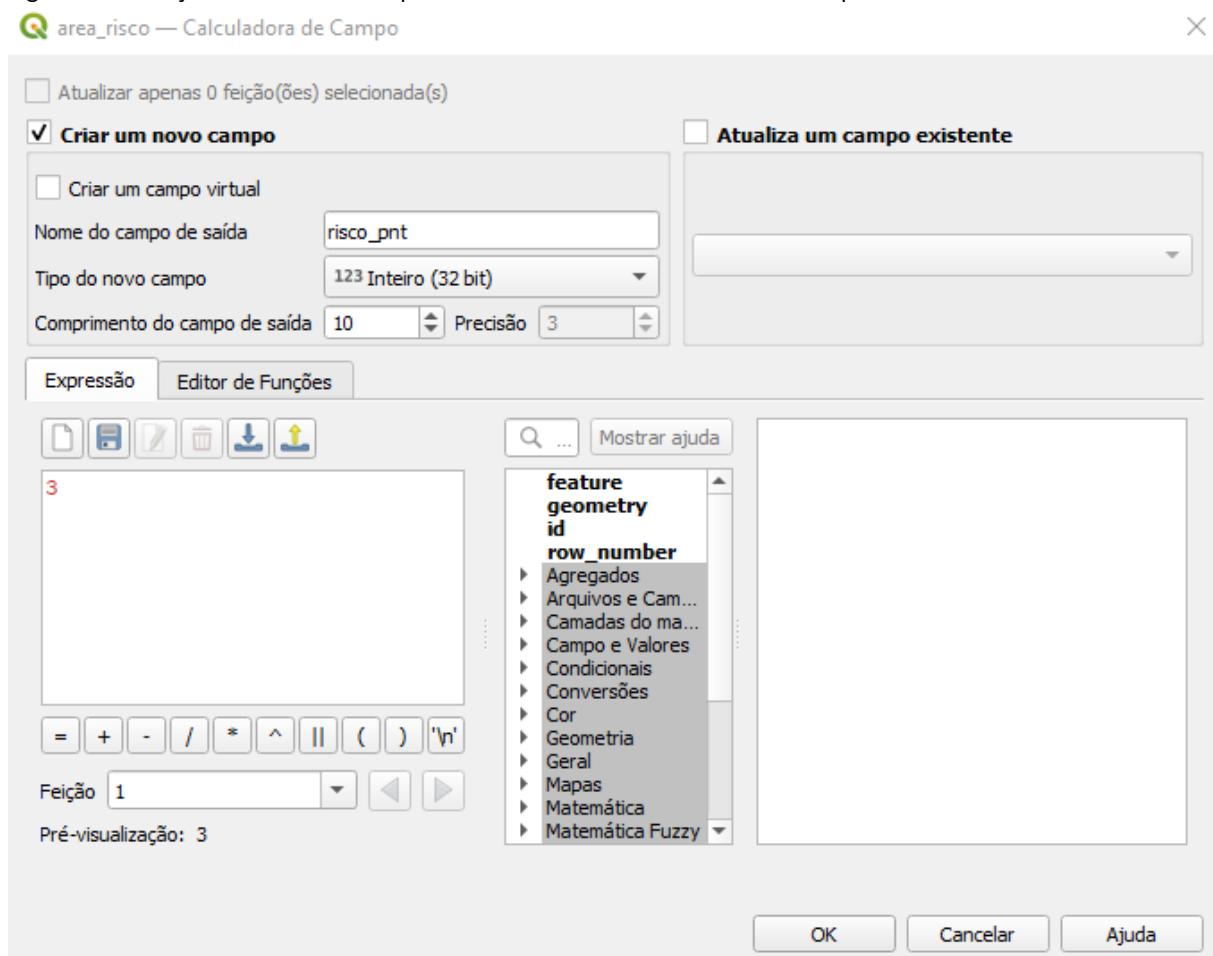


Figura 69 – Tabela de pontuação construída em arquivo de texto do tipo CSV.

The screenshot shows a notepad window titled 'uso_soloPontuacao - Bloco de Notas' containing a CSV file. The file has two columns: 'id' and 'uso_solo'. The data is as follows:

id	uso_solo
1	"Área Urbanizada"; 1;
2	"Pastagem"; 3;
3	"Reflorestamento"; 3;
4	"Mata Nativa"; 5;
5	"Corpo d'água"; 5;

Com o arquivo CSV em mãos, vamos adicionar ele ao QGIS usando a opção Camada > Adicionar Camada > Adicionar Camada de Texto Delimitada (lembre-se de indicar que a camada não tem geometria). Depois disso, vamos abrir as propriedades da camada de uso do solo no QGIS. Nas propriedades, temos a aba Uniões (Figura 70). O resultado dessa união, caso tudo ocorra corretamente, pode ser visualizado na figura 71.

Figura 70 – Propriedade de União (JOIN) de dados externos em camada vetorial.

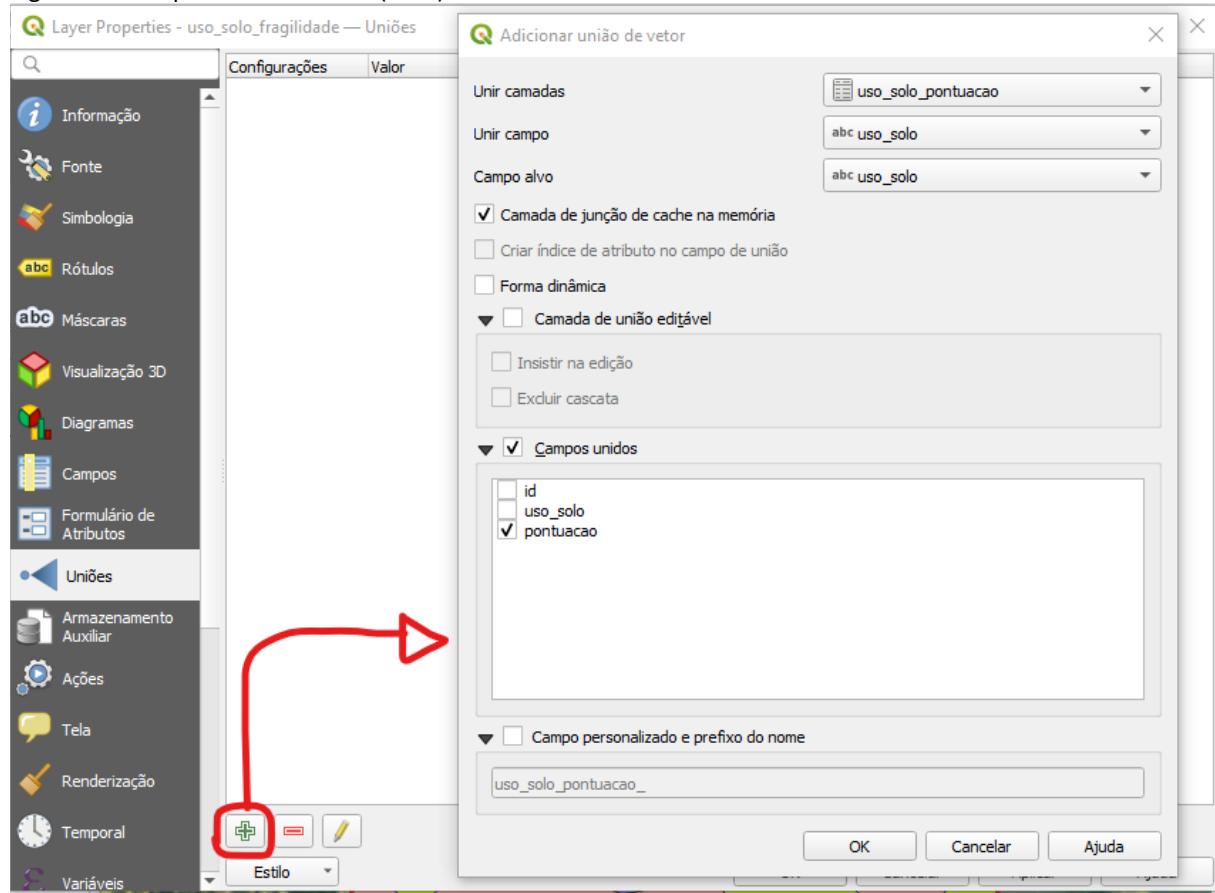


Figura 71 – União de dados externos para mapeamento automático da pontuação.

The screenshot shows the attribute table for the 'uso_solo_fragilidade' layer. The table has three columns: 'id', 'uso_solo', and '_pontuacao_pc'. The data is as follows:

	id	uso_solo	_pontuacao_pc
1	1	Área Urbanizada	1
2	2	Reflorestamento	3
3	3	Mata Nativa	5
4	4	Pastagem	3
5	5	Pastagem	3
6	6	Mata Nativa	5
7	1	Pastagem	3
8	7	Pastagem	3
9	8	Corpo d'água	5

At the bottom of the table, there is a button labeled 'Mostrar todos os feições' (Show all features).

Unindo as camadas e gerando o mapa de fragilidade

Agora que já temos nossas camadas vetoriais com suas pontuações na tabela de atributos, podemos utilizar a ferramenta “União (Múltipla)” para juntar todas elas (Figura 72). Nessa ferramenta, basta indicar quais camadas serão unidas.

Após a união, todos os atributos serão combinados, gerando uma tabela de atributos com todas as pontuações (figura 73). Nas situações que na camada não existir uma geometria, a pontuação estará vazia (isto é, *Null*).

Figura 72 – Ferramenta de Mesclar camadas vetoriais.



Figura 73 – Tabela de atributos com as pontuações das camadas unidas.

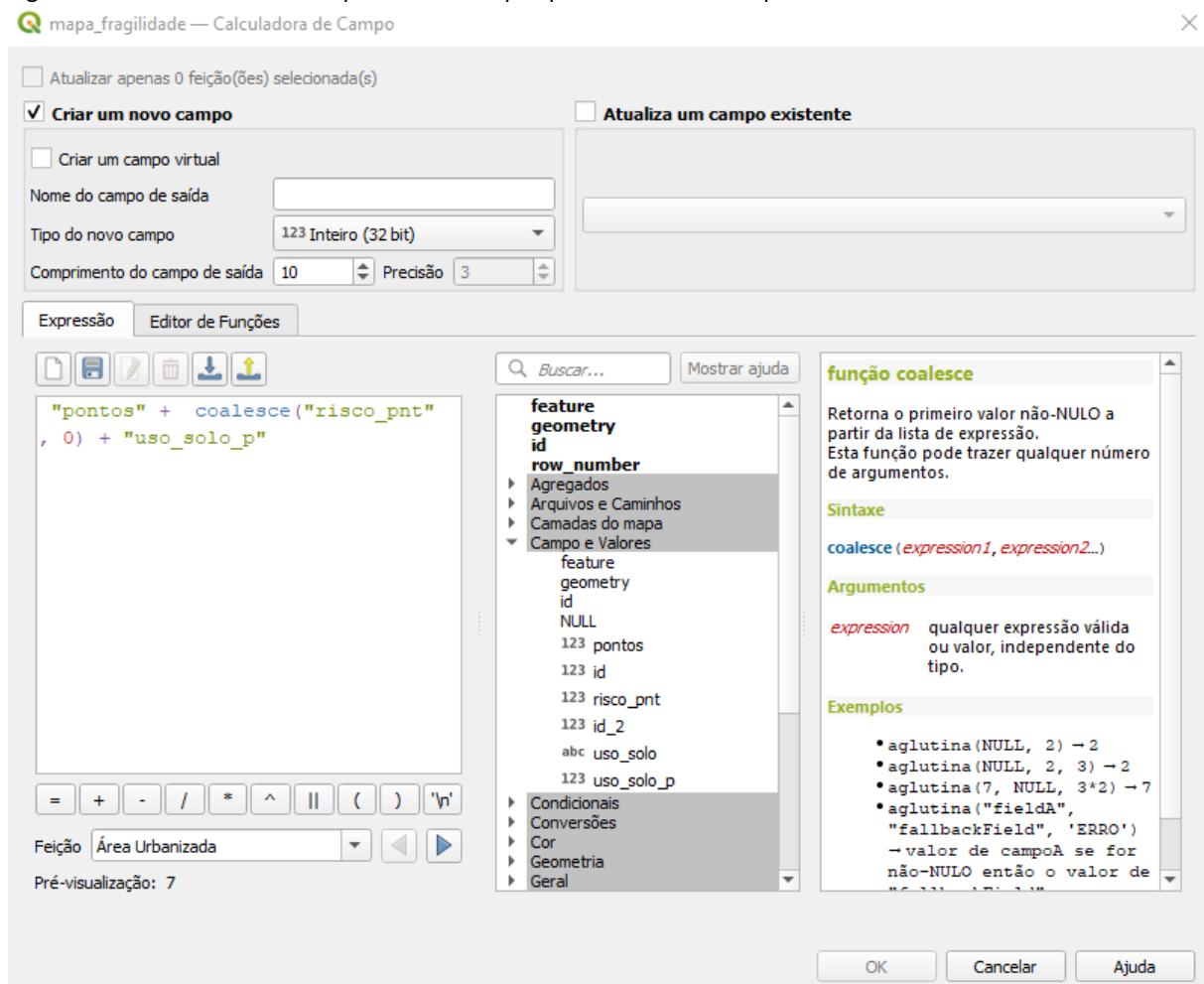
The screenshot shows the attribute table for the 'mapa_fragilidade' layer. The table has columns: 'pontos', 'id', 'risco_pnt', 'id_2', 'uso_solo', and 'uso_solo_p'. The data includes rows with values such as 82, 5, 1, 3, Pastagem, 3; 83, 1, 1, 3, Área Urbanizada, 1; 84, 1, 1, 3, Mata Nativa, 5; etc. Some rows have 'NULL' values in the 'risco_pnt' and 'id_2' columns. At the bottom, a button 'Mostrar todos os feições' (Show all features) is visible.

	pontos	id	risco_pnt	id_2	uso_solo	uso_solo_p
82		5	1	3	1 Pastagem	3
83		1	1	3	1 Área Urbanizada	1
84		1	1	3	3 Mata Nativa	5
85		1	1	3	6 Mata Nativa	5
86		1	1	3	1 Pastagem	3
87		1	1	3	7 Pastagem	3
88		0	NULL	NULL	1 Área Urbanizada	1
89		0	NULL	NULL	1 Área Urbanizada	1
90		3	NULL	NULL	1 Área Urbanizada	1

Porém, ainda não temos o mapa de fragilidade. Para isso, vamos agora utilizar a Calculadora de Campo na camada unida para juntar as pontuações e ter a “Pontuação Final”, indicando assim o nível de fragilidade daquele local. É nessa etapa que montamos a fórmula/equação para a definição da fragilidade, sendo que no nosso caso, iremos adotar uma somatória simples (figura 74), mas outras variáveis poderiam ser inseridas.

Nos campos que houverem valores *Null*, é necessário convertê-los para zero ou utilizar uma condição na equação para realizar essa substituição. Essa condição pode ser expressa da seguinte forma *coalesce("nome_coluna", 0)*.

Figura 74 – Calculadora de campo com os campos para somatório dos pontos.



Após a somatória dos pontos, é possível agora classificarmos a camada para montarmos o mapa de fragilidade ambiental.

Importação de arquivos do AutoCAD

O AutoCAD organiza os dados de forma diferente dos softwares de GIS, sendo necessário um importador para trazer eles no QGIS. O AutoCAD mantém todos os tipos de geometria em apenas um arquivo, sendo que, ao exportar tais dados para um software de GIS, como o QGIS, ele irá separar tais geometrias em diferentes camadas.

Lembre-se que o QGIS consegue abrir diretamente o formato DXF da mesma forma que abrimos um arquivo vettorial, porém, o formato DWG precisa do uso do importador.

Caso o AutoCAD esteja disponível, basta abrir o arquivo com geometrias de interesse e deletar as geometrias que não estão relacionadas. Em outras palavras, deixar somente as geometrias da camada de interesse. Após esse procedimento, salvar uma cópia do arquivo como DXF.

Algumas versões do AutoCAD permitem exportar as linhas diretamente para shapefile por meio do comando MAPEXPORT.

Caso você não tenha acesso ao AutoCAD, você pode utilizar o software ODA File Converter¹⁸ para transformar os DWG (que não abrem diretamente no QGIS) em DXF. O ODA também é interessante para conversão entre diferentes versões de arquivos do AutoCAD, pois dependendo da versão do arquivo CAD, o QGIS não conseguirá abrir ou converter. A figura 75 mostra como utilizar ele.

Figura 75 – Interface do software ODA File Converter.

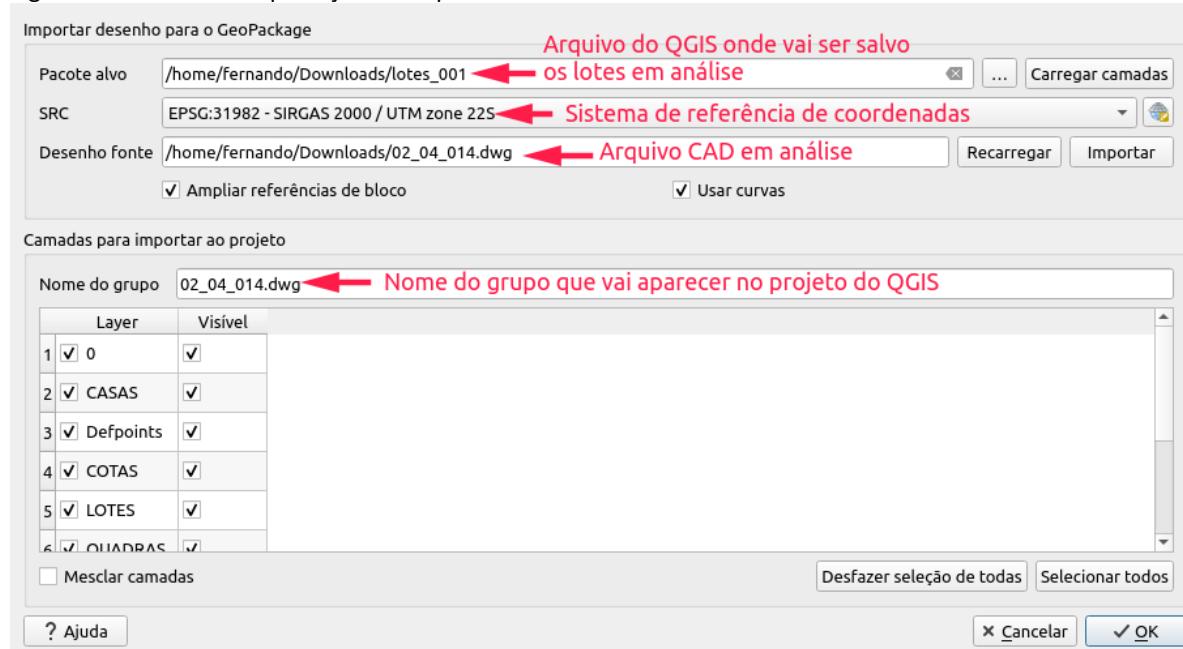


Para abrir arquivos DWG diretamente no QGIS, crie um novo projeto no QGIS, vá no menu Projeto (no topo superior esquerdo), em seguida vá em Importar/Exportar e depois em Importar Camadas de DWG/DXF. A figura 76 mostra a janela que será aberta e as opções disponíveis.

Caso o sistema de referência do arquivo CAD seja SAD69, no SRC, deverá ser utilizado SAD69 / UTM zone 22S.

¹⁸ Disponível em: https://www.opendesign.com/guestfiles/oda_file_converter

Figura 76 – Janela de importação de arquivos DWG no QGIS.



Após clicar em OK, o QGIS irá abrir as geometrias do arquivo, separando elas por pontos, linhas e polígonos. Além dessa separação, também será separado pelos layers (camadas) do arquivo CAD.

Algumas versões do AutoCAD não são suportadas pelo QGIS (as mais recentes), sendo necessário salvar numa versão anterior usando AutoCAD ou o ODA File Converter.

Considerações Finais

Quando trabalhos com geoprocessamento, são vários procedimentos e atalhos e ferramentas, o que muitas vezes faz com que nos esqueçamos de como realizá-los. Mas não fique aflito. Em caso de dúvidas, há várias fontes na internet ensinando como realizar diversos procedimentos.

Além disso, conforme você vai utilizando essa ferramenta, mais familiarizado fica com ela e com o tempo, você vira mestre nela. Continue praticando que você, a cada dia que passa, também encontrará novas utilidades do geoprocessamento para sua vida profissional.

Sucesso.

Fernando Basquiroto de Souza.

Referências Consultadas

EB - Exército Brasileiro. Manual de Geoinformação. 1 ed. Ministério da Defesa, 2014. 83 p. (EB20-MC-10.209).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução da Presidência n. 01/2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf>. Acesso em 15 dez. 2019.

LGA/UFJF - Laboratório de Geoprocessamento Aplicado / Universidade Federal de Juiz de Fora. Sensoriamento Remoto: Características das Imagens Orbitais. 2011. Disponível em <<http://www.ufjf.br/lga/files/2011/03/10-Caracter%C3%ADsticas-da-Imagens.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2019.

SADLER, Jesse. Introduction to GIS with R. 2018. Disponível em <<https://www.jessesadler.com/post/gis-with-r-intro/>>. Acesso em 15 dez. 2019.

SAMPAIO, T.V.M.; BRANDALIZE, M.C.B. Cartografia Geral, Digital e Temática. Curitiba: PPG Ciências Geodésicas, 2018. 210 p.

ANEXO I - SAGA

Plugin Processing SAGA NextGen no QGIS

Para utilizar os algoritmos do SAGA dentro do QGIS 3.30 ou superior, é necessário realizar o procedimento abaixo:

1. Instalar o SAGA no computador. Muitas vezes ele já acompanha a instalação do QGIS;
2. No QGIS, habilitar o plugin Processing SAGA NextGen em Complementos > Gerenciar e Instalar Complementos.
3. Ainda no QGIS, ir em Configurações > Opções. Navegar até a aba Processamento (é uma das últimas abas na barra lateral. No item provedores, expandir o item SAGANG, e editar o campo “SAGA folder” com o diretório/local onde o software SAGA foi instalado (ex. C:/Program Files/QGIS 3.36.1/apps/saga9).

Delimitação automática de Bacias Hidrográficas

Considerando a integração dos algoritmos do SAGA junto ao QGIS foi descontinuada após a versão 3.30 do QGIS, estaremos apresentando o procedimento de delimitação automática de bacias hidrográficas usando diretamente o SAGA.

Inicialmente, abra o software SAGA GIS. A interface é diferente (Figura 77), mas não se assuste. Nossa primeiro passo é inserir nosso MDT para realizar os próximos processamentos necessários. Para inserir o MDT bruto, vá em File > Grid > Load. Localize no seu computar o arquivo que será processado.

Após inserir o MDT no SAGA (Figura 78), é possível aplicar os seguintes algoritmos para obtermos a delimitação automática da bacia hidrográfica.

Figura 77 – Interface do software SAGA GIS com um projeto vazio.

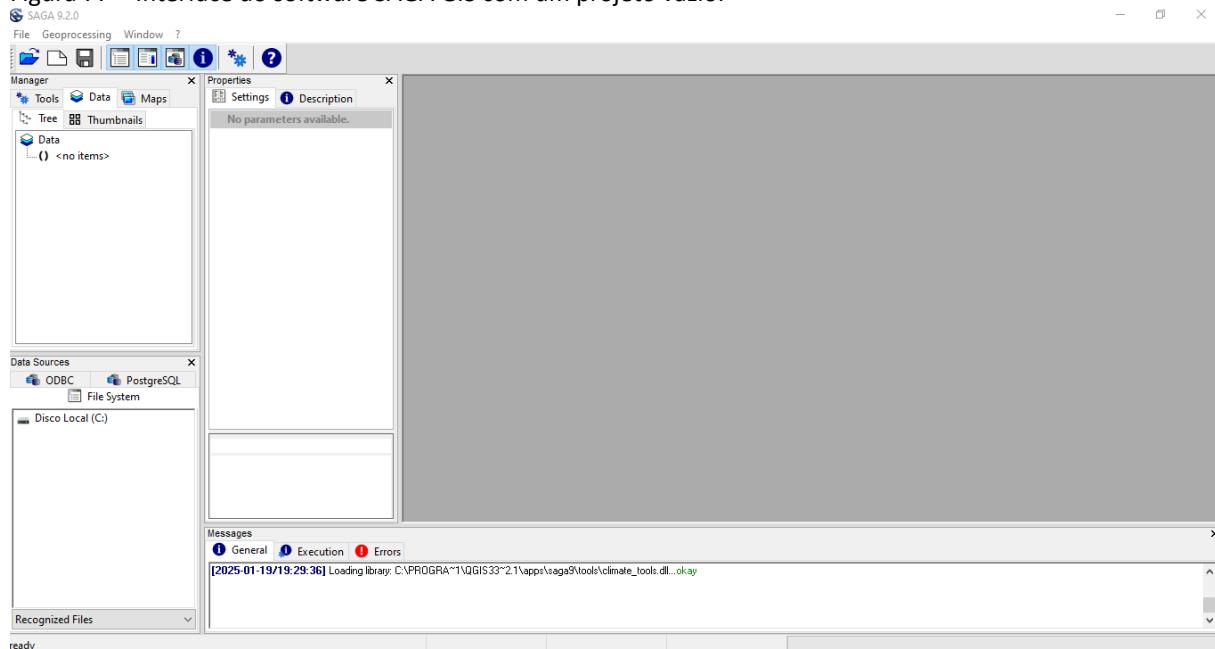
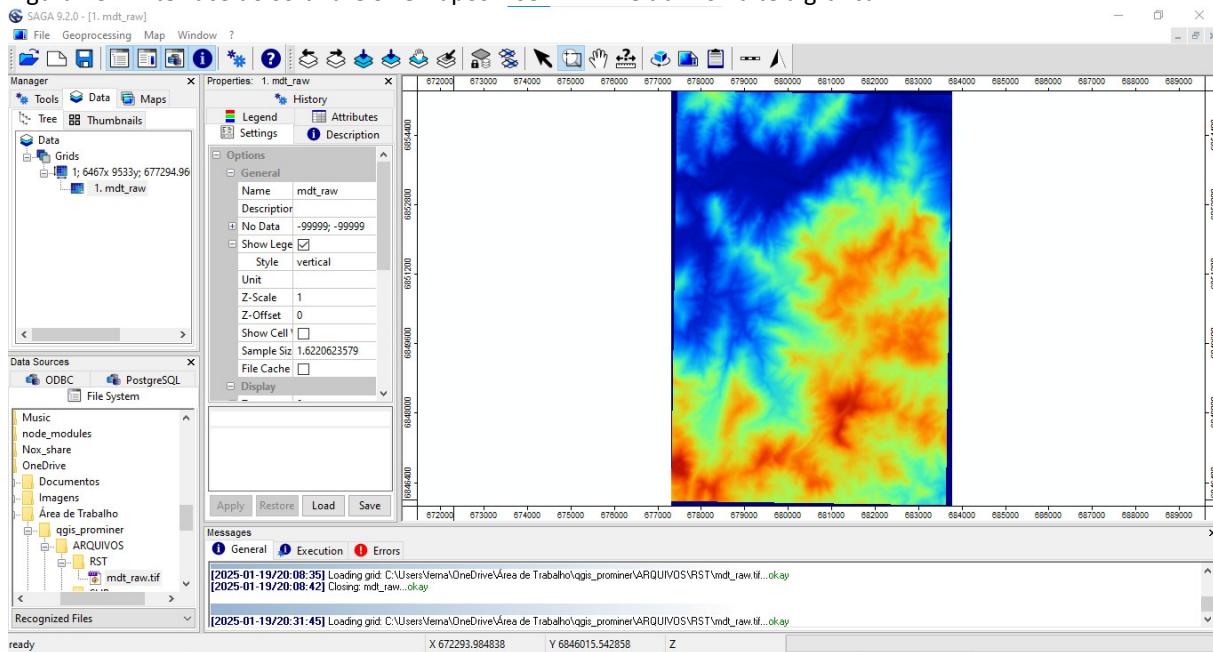


Figura 78 – Interface do software SAGA apóis inserir MDT e abrí-lo na tela gráfica.



1. Obtenção do MDT Hidrologicamente Consistente (MDT-HC). Acesse Geoprocessing > Terrain Analysis > Preprocessing > Fill Sinks (Wang & Liu). Nessa etapa basta indicar o MDT bruto para obter o MDT-HC e o declive mínimo em graus (ex. 0,1) (Figura 79). Após preencher os campos, basta clicar em Okay.
 - 1.1. Caso seja necessário, é possível exportar os resultados para abrir eles no QGIS. Basta clicar com o botão direito sobre o resultado na janela Manager e depois em Save As.
 - 1.2. Essa ferramenta também gera um arquivo matricial com a delimitação de bacias hidrográficas (Watershed Basins), a qual pode ser exportada para o QGIS e convertida para arquivo vetorial; porém, não é possível detalhar o resultado para bacias menores. Para detalhar a delimitação em bacias menores, seguir para os próximos passos.
2. Após obter o MDT-HC, vamos aplicar a ferramenta para gerar a ordem de Strahler para os cursos d'água. Ela esta disponível em Geoprocessing > Terrain Analysis > Channels > Strahler Order. O resultado é um arquivo matricial (raster) onde cada curso d'água receberá um número da ordem de Strahler.
 - 2.1. Note que ao visualizar o resultado e você nota uma rede hidrográfica “desconectada”, pode ser necessário aumentar a declividade mínima na ferramenta Fill Sinks para garantir a continuidade do escoamento no MDT-HC (Figura 80).
3. Com o arquivo matricial da ordem de Strahler, vamos utilizá-lo para gerar a hidrografia. A ferramenta utilizada é a Channel Network and Drainage Basins, disponível no seguinte caminho Geoprocessing > Terrain Analysis > Channels > Channel Network and Drainage Basins.
 - 3.1. Lembre-se de preencher todos os campos nesta ferramenta para garantir uma melhor consistência dos resultados. Isto é, preencha Flow Direction, Strahler Order e Drainage Basins (todos gerados na ferramenta Fill Sinks).

- 3.2. A opção Threshold indica quando a ferramenta deve começar a iniciar o mapeamento da hidrografia (caso seja colocado ordem 3, somente as ordens acima dela serão mapeadas). É por meio dessa opção que você definirá quais bacias hidrográficas serão geradas.
4. Por fim, podemos exportar o resultado do item anterior clicando-se com o botão direito em Drainage Basins, seguido de Save As. Basta salvar em shapefile e depois utilizar o resultado no QGIS.

Existe a opção de gerar a bacia hidrográfica a partir da definição da foz (ponto de saída) da bacia hidrográfica. Esse procedimento é detalhado após as figuras abaixo.

Figura 79 – Ferramenta para preencher depressões no SAGA.

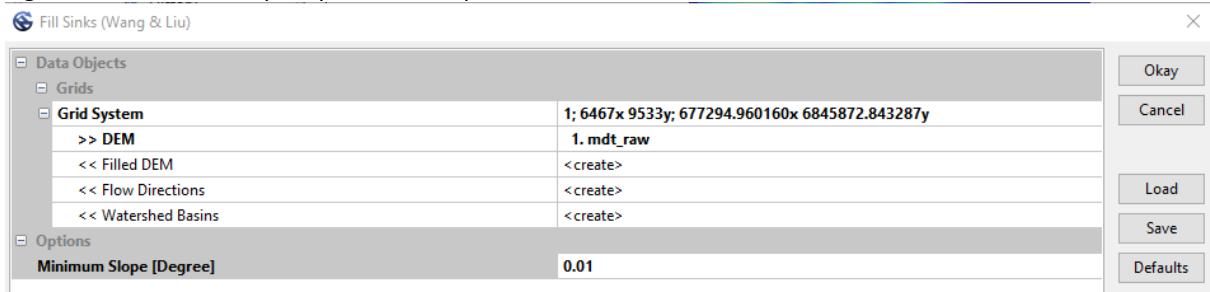
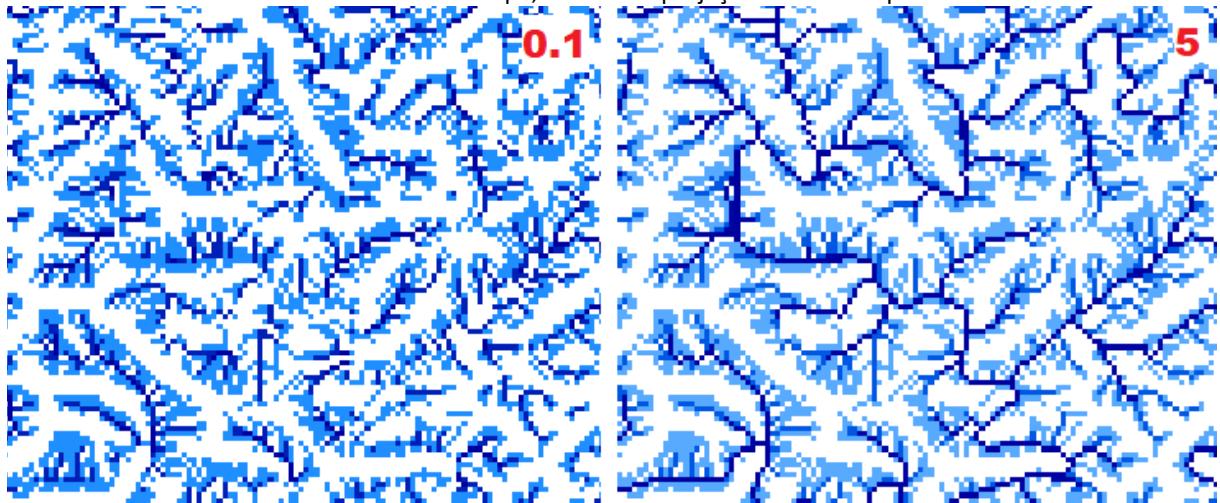


Figura 80 – Imagem de raster com a ordem de Strahler e diferentes valores de declividade mínima adotados para preencher os sumidouros (Ferramenta Fill Sinks). Raster esta com datum em coordenadas geográficas, por isso os valores mais elevados de Minimum Slope, valores na projeção UTM ficam próximos de 0.01.



Para gerar a área de contribuição de um determinado ponto (foz da bacia hidrográfica), é necessário as coordenadas desse ponto. A ferramenta está disponível no seguinte caminho Geoprocessing > Terrain Analysis > Hidrology > Flow Accumulation > Upslope Area. A figura 81 mostra a ferramenta com os dados preenchidos, tais como o MDT-HC, as coordenadas X e Y e o método Deterministic 8. Já a figura 82, mostra o resultado aberto no QGIS.

Lembre-se que o par de coordenadas deve cair exatamente em cima da drenagem desenhada nos passos anteriores, caso contrário, a ferramenta poderá não funcionar corretamente (irá delimitar a área de forma inesperada).

Figura 81 – Ferramenta para cálculo da área de contribuição com base em um ponto.

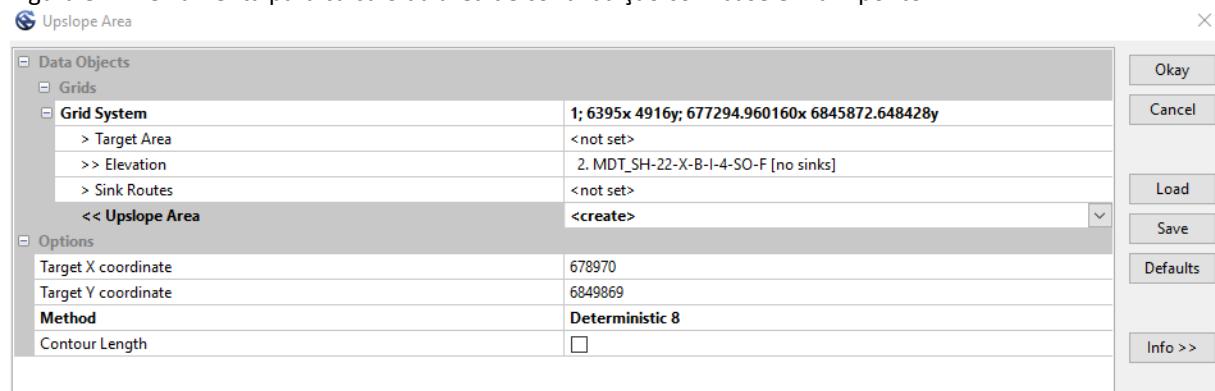
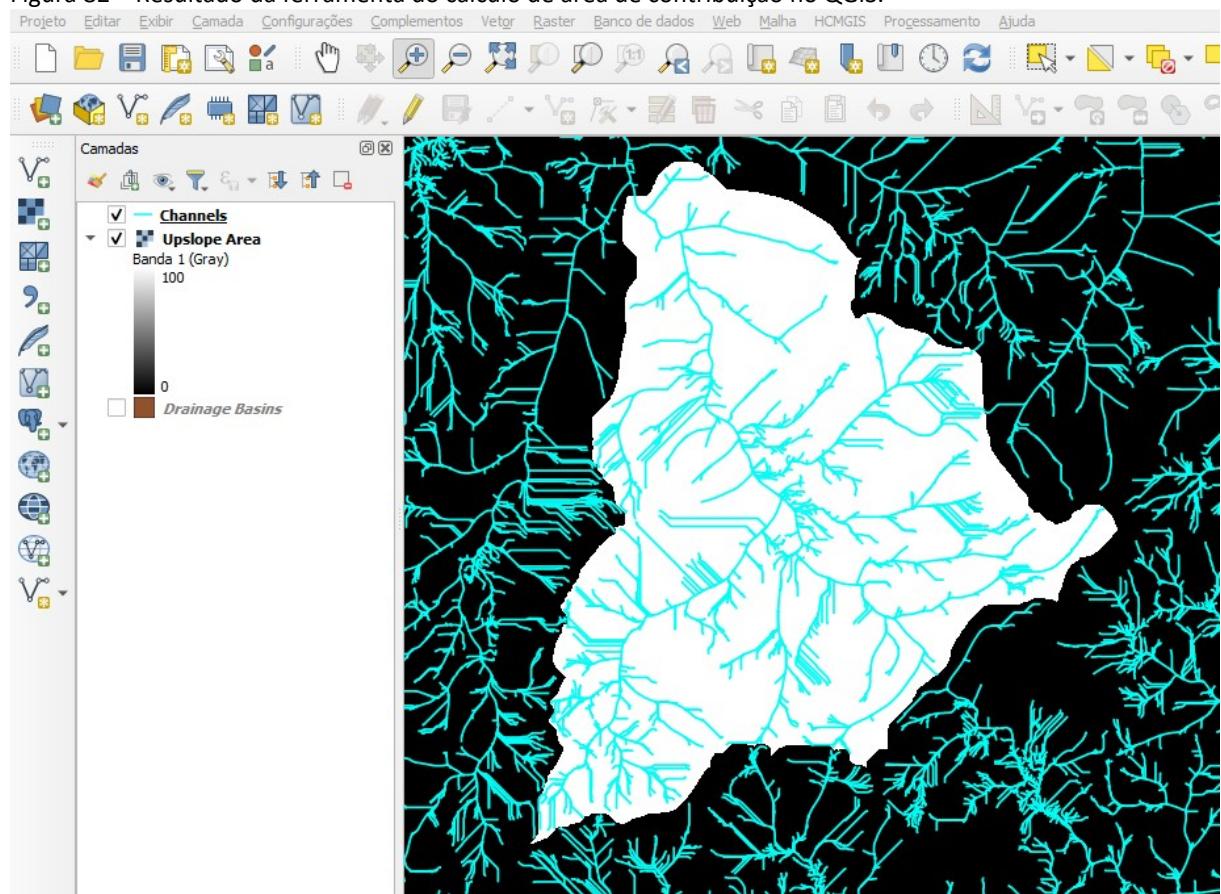


Figura 82 – Resultado da ferramenta do cálculo de área de contribuição no QGIS.



Após concluir o processamento, basta salvar o resultado conforme passos anteriores, isto é, clique sobre a camada gerada (Upslope Area) e vá em Save As. O resultado vai estar em um arquivo matricial, mas pode ser facilmente convertido para shapefile no QGIS, usando a ferramenta Raster para Vetor (Poligonizar), disponível em Raster > Converter.