MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

1º TEN FELIPE WELINGTON VIANA DA SILVA
1º TEN ARTHUR DE ANDRADE RODRIGUES SANTOS
1º TEN KAIO DOS SANTOS PIMENTEL

ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE MAPAS DE TRAFEGABILIDADE

RIO DE JANEIRO
2023

1º TEN FELIPE WELINGTON VIANA DA SILVA
1º TEN ARTHUR DE ANDRADE RODRIGUES SANTOS
1º TEN KAIO DOS SANTOS PIMENTEL

ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE MAPAS DE TRAFEGABILIDADE

Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica.

Orientador: LUCIANO AUGUSTO TERRA BRITO, D.E

Rio de Janeiro

2023

©2023
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha
Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmar ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do orientador.

Silva, 1º Ten Felipe Welington Viana da; Santos, 1º Ten Arthur de Andrade Rodrigues; Pimentel, 1º Ten Kaio dos Santos.
Elaboração automatizada de mapas de trafegabilidade / 1º Ten Felipe Welington Viana da Silva, 1º Ten Arthur de Andrade Rodrigues Santos e 1º Ten Kaio dos Santos Pimentel. – Rio de Janeiro, 2023.
46 f.

Orientador: LUCIANO AUGUSTO TERRA BRITO.

Projeto de Final de Curso (graduação) – Instituto Militar de Engenharia, Engenharia Cartográfica, 2023.

1. Mapas. 2. Trafegabilidade. 3. Força Terrestre. 4. Automático. 5. QGIS. i. BRITO, LUCIANO AUGUSTO TERRA (orient.) ii. Título

1º TEN FELIPE WELINGTON VIANA DA SILVA
1º TEN ARTHUR DE ANDRADE RODRIGUES SANTOS
1º TEN KAIO DOS SANTOS PIMENTEL

Elaboração automatizada de mapas de trafegabilidade

Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica.

Orientador: LUCIANO AUGUSTO TERRA BRITO.

Aprovada em 09 de Outubro de 2023, pela seguinte banca examinadora:

Prof. **Tc LUCIANO AUGUSTO TERRA BRITO** - D.E do IME

gov.br Documento assinado digitalmente
RAPHAEL LUIZ FRANCA GRECO
Data: 18/10/2023 17:19:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. **Cap RAPHAEL LUIZ FRANCA GRECO** - M.Sc do IME

Prof. **RAQUEL APARECIDA ABRAHÃO COSTA E OLIVEIRA** - D.E do IME

Rio de Janeiro
2023

Este trabalho é dedicado aos nossos colegas de curso, que assim como nós encerram uma difícil etapa da vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos principais são direcionados ao nosso orientador TC Luciano Augusto Terra Brito e todos os integrantes do 1º e 2º CGEO que contribuíram para que a produção desse trabalho fosse possível.

RESUMO

Este projeto propõe o desenvolvimento de um plugin para o software QGIS, destinado à elaboração automatizada de mapas de trafegabilidade na escala 1:25000. A metodologia envolve a análise dos insumos necessários para a elaboração do produto e a criação de uma interface gráfica. Nesta interface, o usuário poderá definir o mapa índice da região de interesse e o tipo de deslocamento desejado, relacionados às limitações de tráfego consideradas pelo plugin. Os três tipos de deslocamento contemplados no código da aplicação são: viaturas sobre rodas, viaturas sobre lagartas e tropa a pé. O sistema se conectará ao BDGEx[1] para obter os insumos necessários. Ao final, o mapa de trafegabilidade gerado auxiliará a tomada de decisões sobre rotas e estratégias de deslocamento para as tropas e viaturas envolvidas na operação, considerando-se cenários classificados como impeditivos, restritivos e adequados.

Palavras-chave: Mapas. Trafegabilidade. Força Terrestre. Automático. QGIS.

[1] Banco de Dados Geográficos do Exército

ABSTRACT

This project proposes the development of a plugin for the QGIS software, aimed at the automated elaboration of trafficability maps at the 1:25000 scale. The methodology involves the analysis of the necessary inputs for the product's creation and the establishment of a graphical interface. In this interface, the user will be able to define the index map of the region of interest and the desired type of movement, related to the traffic limitations considered by the plugin. The three types of movement addressed in the application code are: wheeled vehicles, tracked vehicles, and troops on foot. The system will connect to the BDGEx[2] to obtain the required inputs. In the end, the generated trafficability map will assist in decision-making regarding routes and movement strategies for the troops and vehicles involved in the operation, considering scenarios classified as impeding, restrictive, and suitable.

Keywords: Maps. Trafficability. Ground Force. Automatic. QGIS.

[2] Army's Geographical Database

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama esquemático do funcionamento do plugin. 24
Figura 2 – Diagrama ilustrativo do funcionamento do backend do código do plugin. 25
Figura 3 – Ilustração da Interface 26
Figura 4 – Vegetação Avicennia germinans 28
Figura 5 – Vegetação Rhizophora mangle 29
Figura 6 – Vegetação Mimosa tenuiflora 30
Figura 7 – Vegetação Copernicia prunifera 30
Figura 8 – Terreno Lavrado 31
Figura 9 – Terreno Tabuleiro 32
Figura 10 – Vegetação Ceiba pentandra 32
Figura 11 – Ilustração da Moldura 36
Figura 12 – MDE 37
Figura 13 – Raster de Declividade 38
Figura 14 – Camadas do BDGEx 38
Figura 15 – Região classificada como Impeditiva para o MI 2134-1-NE . . . 39
Figura 16 – Região classificada como Restritiva para o MI 2134-1-NE 39
Figura 17 – Região classificada como Adequada para o MI 2134-1-NE 40
Figura 18 – Camadas do Mapa de Trafegabilidade 40
Figura 19 – Mapa de Trafegabilidade 41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CGEO	Centro de Geoinformação
BDGEx	Banco de Dados Geográficos do Exército
MI	Mapa Índice
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
SIG	Sistema de Informação Geográfica
WGS	World Geodetic System
EPSG	European Petroleum Survey Group
MDE	Modelo Digital de Elevação
IDEs	Integrated Development Environment
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OGC	Open Geospatial Consortium
VC	Verificação Corrente
VF	Verificação Final

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 MOTIVAÇÃO 12
1.2 OBJETIVO 12
1.3 JUSTIFICATIVA 13
1.4 METODOLOGIA 13
1.5 CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS 14
1.6 ESTRUTURA 15

2 REFERENCIAL TEÓRICO 16
2.1 CLASSIFICAÇÃO DE TERRENO 16
2.2 CLASSIFICAÇÃO DA TROPA 16
2.3 INSUMOS GEOESPACIAIS 18
2.3.1 DADOS VETORIAIS E BDGEX 18
2.3.2 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO E ANÁLISE DE DECLIVIDADE . . 18
2.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS 19
2.4.1 QGIS 19
2.4.2 GITHUB 20
2.4.3 PYTHON 20
2.4.4 VISUAL STUDIO CODE (VSCODE) 21
2.4.5 WEB FEATURE SERVICE 22

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA 23
3.1 ENTREGÁVEIS 23
3.2 FUNCIONAMENTO DO PLUGIN 23
3.2.1 BACKEND 24
3.2.2 FRONTEND 25
3.2.2.1 INTERFACE GRÁFICA 25
3.2.2.2 LAYOUT DE IMPRESSÃO 26
3.3 DEFINIÇÕES ESTABELECIDAS 27

3.3.1 RELEVO 27
3.3.2 VEGETAÇÃO 27
3.3.2.1 BREJO_PANTANO 28
3.3.2.2 CAATINGA 29
3.3.2.3 CAMPO 31
3.3.2.4 CERRADO 31
3.3.2.5 FLORESTA 32
3.3.2.6 MANGUE 33
3.3.2.7 VEG_CULTIVADA 33
3.3.2.8 RESTRIÇÃO VEGETAÇÃO 33
3.3.3 HIDROGRAFIA 34
3.3.4 ESTRADAS 34
3.3.5 ÁREAS ESPECIAIS 35
3.4 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO 35
3.4.1 ESCOLHA DOS PARÂMETROS DE CONSULTA 35
3.4.2 PROCESSAMENTO DO MDE 36
3.4.3 ACESSO DOS DADOS BDGEX 37
3.4.4 GERAÇÃO DO MAPA DE TRAFEGABILIDADE 37
3.4.5 LAYOUT DO MAPA 38

4 CONCLUSÃO 42

REFERÊNCIAS 43

ANEXO A – CLASSES VEGETAÇÃO EDGV 44

1 INTRODUÇÃO

O ambiente geográfico é fundamental para as operações militares, influenciando diretamente na tomada de decisões e estratégias. A capacidade de compreender e interpretar o terreno, bem como prever possíveis obstáculos e oportunidades, é crucial para o sucesso das missões. Neste contexto, os mapas de trafegabilidade emergem como ferramentas indispensáveis, fornecendo uma visão sobre as condições de deslocamento em uma área específica. Este trabalho foca na automatização da elaboração desses mapas, buscando agilizar processos de forma a manter flexibilidade frente ás possíveis atualizações propostas.

1.1 Motivação

A crescente demanda por informações geográficas precisas e atualizadas tem impulsionado os Centros de Geoinformações (CGEOs) do Exército Brasileiro a buscar soluções inovadoras. Anualmente, os CGEOs recebem uma série de projetos extra-PIT (além do Plano Interno de Trabalho), e dentre esses, a necessidade de geração de mapas de trafegabilidade se destaca como uma demanda recorrente. A elaboração manual desses mapas, além de consumir tempo significativo, exige mão de obra especializada e está sujeita a erros humanos, principamente devido à constante necessidade de pesquisas em manuais do Exército em relação ás restrições de mobilidade.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um plugin no software QGIS que permita a elaboração automatizada de mapas de trafegabilidade na escala 1:25000, fornecendo os arquivos vetoriais necessários.

1.3 Justificativa

Uma solução automatizada para o desenvolvimento de mapas de trafegabilidade não apenas aliviaria a carga de trabalho dos especialistas, mas também proporcionaria um ganho significativo de performance na disponibilização de resultados. Com uma única interface, é possível selecionar parâmetros que, após processados, fornecem para o solicitante um produto pronto que, dentre outros resultados, contém camadas vetoriais com as classificações para cada categoria do trabalho, dando uma maior versatilidade e poder de decisão para o usuario. Além disso, é possível fazer edições nessas camadas posteriormente para atender a especificidades que possam surgir. A escolha do software QGIS para o desenvolvimento do plugin deve-se à sua familiaridade entre os profissionais dos Centros de Geoinformação distribuídos pelo Brasil. Utilizar uma ferramenta já conhecida minimiza desafios comuns ao adotar novas tecnologias, como a necessidade de superar uma curva de aprendizado ou realizar treinamentos extensivos. Essa familiaridade com o QGIS também promove uma comunicação mais eficaz entre desenvolvedores e usuários finais, facilitando a identificação de requisitos e possíveis ajustes durante o desenvolvimento. Ao capitalizar sobre o conhecimento e infraestrutura preexistentes, antecipa-se uma implementação mais ágil e uma integração harmoniosa da nova ferramenta.

1.4 Metodologia

A metodologia adotada para este trabalho baseou-se em uma abordagem sistemática. Inicialmente, realizou-se uma análise de diversos manuais e normas existentes no Exército Brasileiro para compreender as especificidades e restrições associadas ao movimento das tropas e à elaboração de mapas de trafegabilidade.

Em seguida, conduziu-se um estudo para identificar locais adequados para a coleta de insumos. O BDGEx foi selecionado como principal fonte de insumos vetoriais devido à autonomia que ele proporciona à Força, assegurando que os dados coletados estejam em conformidade com os padrões e necessidades do Exército.

A etapa de desenvolvimento focou na criação de uma interface gráfica onde

o usuário pode especificar o local de interesse fornecendo o Mapa Índice (MI) em escala 1:25000 e selecionar os parâmetros que determinam as restrições de movimento das tropas.

A estrutura do backend do código foi projetada para integrar todos os insumos coletados com as restrições identificadas nos manuais e normas. Essa arquitetura permite a geração de um mapa de trafegabilidade alinhado às necessidades operacionais do Exército.

1.5 Contribuições Esperadas

Este trabalho visa preencher uma lacuna na elaboração de mapas de trafegabilidade, oferecendo soluções específicas para o Exército Brasileiro. As principais contribuições esperadas são:

1. **Ferramenta Específica para Trafegabilidade:** A implementação de um plugin no QGIS dedicado à geração de mapas de trafegabilidade, que possui potencial para reduzir o tempo de elaboração e padronizar o processo, diminuindo a margem de erro.
2. **Contribuição Acadêmica:** Além de servir como ferramenta operacional, o desenvolvimento deste trabalho pode ser utilizado como base de referência a outros trabalhos acadêmicos, incentivando pesquisas e estudos na área de geoinformação que possam se utilizar de diferentes geotecnologias para a análise de restrições de terreno
3. **Flexibilidade e Expansão:** O produto final, hospedado no GitHub, não apenas permite atualizações e aprimoramentos contínuos, mas também fomenta a colaboração. Qualquer indivíduo pode propor melhorias, enriquecendo o plugin com novas funcionalidades ou otimizações.

A expectativa é que esta aplicação seja aprimorada constantemente por incrementos propostos por diversas fontes, de forma a acompanhar novas tecnologias de estruturação de dados vetoriais que possam surgir, bem como atualizações de convenções e normas.

1.6 Estrutura

Este documento é estruturado de forma a proporcionar uma compreensão clara e sequencial do projeto, desde os fundamentos teóricos até a solução proposta. A organização dos capítulos é a seguinte:

O Capítulo 2 trata do referencial teórico do trabalho, isto é, contextualiza o leitor sobre os aspectos fundamentais da trafegabilidade. Aborda os elementos essenciais que influenciam a movimentação e destaca a relevância de cada um no cenário operacional. Além disso, faz-se uma revisão dos softwares e sistemas que foram empregados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Já o Capítulo 3 trata da abordagem metodológica, onde descreve-se detalhadamente a metodologia adotada para atingir o objetivo proposto. O capítulo percorre todas as etapas do processo, desde a coleta de insumos até a implementação da solução, elucidando as decisões tomadas em cada fase.

Por fim, no Capítulo 4 são apresentadas as principais conclusões derivadas do trabalho, bem como reflexões sobre os resultados alcançados e possíveis direções para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão definidos e desenvolvidos os conceitos críticos principais para a classificação e avaliação do terreno. A partir disso serão agrupadas as restrições que darão origem ao mapa de trafegabilidade.

2.1 Classificação de Terreno

Três classificações são possíveis, visando descrever a possibilidade do movimento da tropa no terreno. (1)

- Terreno Impeditivo: É aquele desfavorável ao movimento de tropa de determinada natureza; sua utilização necessitará de forte apoio de engenharia para possibilitar uma mobilidade restrita.
- Terreno Restritivo: É aquele que limita o movimento de uma tropa e a velocidade de progressão será substancialmente reduzida se não houver o apoio necessário de engenharia;.
- Terreno Adequado: É considerável favorável ao movimento de uma tropa sem a necessidade de qualquer atividade para melhorar a mobilidade.

2.2 Classificação da Tropa

Para o escopo do projeto as classes a seguir foram baseadas na premissa abaixo do manual(1):

> O Estudo do Terreno determina a necessidade de metodologia científica para a classificação do terreno e a possibilidade de emprego de viaturas SR e SL.

Assim para confecção do mapa, será abordado as viaturas SR e SL, mas também a de tropa a pé que é respaldada nesse mesmo manual, segue-se as definições dessas.

- Tropa a Pé: Refere-se a militares que combatem e se deslocam a pé.
- Viaturas sobre roda: Refere-se a veículos militares movidos por rodas.
- Viaturas sobre lagarta: Refere-se a veículos militares que utilizam esteiras para se locomover.

Essa delimitação entre as viaturas é respaldada por fundamentos que consideram as capacidades operacionais, a adaptação ao terreno e as demandas logísticas das viaturas. A escolha dessas categorias visa maximizar versatilidade operacional, ao passo que encapsula o problema da criação do mapa de trafegabilidade. Neste contexto, serão explorados a seguir conceitos ligados a essa classificação.

1. Adaptação ao Terreno:

- Viaturas sobre roda são geralmente mais adequadas para terrenos planos e estradas pavimentadas, oferecendo velocidade e eficiência em ambientes urbanos e rodovias.
- Viaturas sobre lagarta são projetadas para terrenos mais difíceis, como áreas florestais, terrenos acidentados e zonas pantanosas, proporcionando melhor tração e mobilidade em condições desafiadoras.

2. Mobilidade Estratégica:

- Viaturas sobre roda são ideais para deslocamentos rápidos e estratégias que envolvem movimentos lineares ou manobras táticas em terrenos acessíveis.
- Viaturas sobre lagarta são valiosas em situações que demandam maior resistência e capacidade de superar obstáculos, sendo cruciais em operações ofensivas ou defensivas em terrenos adversos.

3. Requisitos de Infraestrutura:

– Viaturas sobre roda geralmente requerem menos infraestrutura para movimentação, enquanto viaturas sobre lagarta podem exigir considerações especiais em termos de transporte e logística devido ao seu peso e tamanho.

2.3 Insumos Geoespaciais

Os insumos geoespaciais são fundamentais para a análise e determinação das áreas trafegáveis e não trafegáveis. Estes insumos podem ser categorizados em vetoriais e matriciais, dependendo de sua natureza e representação.

2.3.1 Dados Vetoriais e BDGEx

Os dados vetoriais representam informações geográficas definidas por pontos, linhas ou polígonos e contêm atributos associados. O Banco de Dados Geográfico do Exército (BDGEx) serve como fonte primária desses dados para o projeto. Por meio da conexão estabelecida com o BDGEx, o plugin obtém e processa os dados vetoriais, considerando fatores que impactam a mobilidade da tropa, como características do terreno e obstáculos presentes. Os dados vetoriais adotados seguem as especificações da EDGV 3.0, que padroniza estruturas para facilitar o compartilhamento de dados e a interoperabilidade na produção e uso de informações cartográficas(2).

2.3.2 Modelo Digital de Elevação e Análise de Declividade

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é um insumo matricial que fornece uma representação tridimensional do terreno. A partir deste modelo, é possível calcular a declividade do terreno, que é a variação da altitude em relação à distância horizontal. A declividade é determinada utilizando a derivada do MDE em relação às direções x e y do plano cartesiano. Valores de declividade são então categorizados para determinar áreas de trafegabilidade. O MDE SRTM 30m do OpenTopography foi utilizado para obter informações sobre o relevo das áreas de interesse(3). O OpenTopography DEM downloader, um plugin do QGIS, auxilia na obtenção desses rasters para áreas específicas. Para garantir a precisão geográfica, os dados são

alinhados com sistemas de referência espacial, como o WGS 84, identificado pelo código EPSG 4326(4).

2.4 Tecnologias utilizadas

A realização deste projeto envolveu a combinação de diversas tecnologias, cada uma desempenhando um papel fundamental em diferentes etapas do desenvolvimento. Desde sistemas de informação geográfica até ferramentas de versionamento e edição de código, a integração dessas tecnologias colaborou para aumentar a eficiência do processo de desenvolvimento. Nas subseções a seguir, serão detalhadas cada uma dessas tecnologias, além de serem apresentadas as justificativas para sua utilização no contexto do projeto.

2.4.1 QGIS

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto, desenvolvido pela equipe do QGIS (5). Sua ampla aplicação em diversas áreas para análise e visualização de dados geoespaciais o torna uma ferramenta de destaque no campo da geoinformação.

A escolha do QGIS para este projeto foi motivada por diversas razões:

- **Código Aberto:** Sendo um software livre, o QGIS é disponibilizado gratuitamente para uso. Isso não apenas reduz custos, mas também oferece transparência, já que todos os usuários têm acesso ao seu código fonte.
- **Desenvolvimento em C++ e Python:** Estas linguagens de programação são amplamente conhecidas e utilizadas, facilitando a integração e desenvolvimento de funcionalidades adicionais.
- **Familiaridade:** O pessoal dos Centros de Geoinformação já possui experiência com o QGIS, utilizando-o em diversas atividades. Isso reduz a curva de aprendizado e facilita a adoção da ferramenta.

- **Flexibilidade para Plugins:** A capacidade do QGIS de suportar plugins, como o DSGTools e o OpenTopography DEM Downloader, demonstra sua adaptabilidade e extensibilidade.
- **Documentação Robusta:** O QGIS possui uma documentação abrangente, facilitando o entendimento e a utilização de suas funcionalidades.

A combinação desses fatores fez do QGIS a escolha ideal para o desenvolvimento e implementação deste projeto.

2.4.2 Github

O Git é um sistema de controle de versão distribuído, amplamente adotado em projetos de desenvolvimento de software (6). Sua principal função é gerenciar mudanças em arquivos, facilitando a colaboração entre desenvolvedores e permitindo o rastreamento de alterações ao longo do tempo.

O Github, por sua vez, é uma plataforma baseada em nuvem que hospeda repositórios Git, oferecendo uma interface amigável e ferramentas adicionais para facilitar a colaboração em projetos. Uma de suas características fundamentais é o sistema de *branching*, que possibilita a criação de ramificações do código. Isso permite que diferentes membros de uma equipe trabalhem simultaneamente em partes distintas do projeto, sem interferir no trabalho uns dos outros.

No contexto deste projeto, o Github desempenhou um papel crucial. O código-fonte e a documentação do projeto estão hospedados e disponíveis para acesso público no repositório <https://github.com/kaiopimentel/PFC2023>. A estrutura de *branching* do Github permitiu uma colaboração eficaz entre os integrantes do grupo, possibilitando o desenvolvimento paralelo de funcionalidades e correções. Em situações de inconsistências ou erros, a equipe tinha a flexibilidade de retornar à última versão estável do código, assegurando a integridade do projeto.

2.4.3 Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível, amplamente utilizada em diversos domínios de aplicação, desde desenvolvimento web até análise de dados

e inteligência artificial. Uma de suas principais características é a extensa coleção de bibliotecas disponíveis, que facilitam e aceleram o desenvolvimento de soluções específicas.

No contexto do QGIS, Python desempenha um papel fundamental. O QGIS oferece uma API Python, permitindo que desenvolvedores criem plugins e scripts personalizados para estender as funcionalidades do software. Esta integração direta entre Python e QGIS possibilita a criação de soluções geoespaciais avançadas, aproveitando as capacidades inerentes da linguagem e as bibliotecas especializadas disponíveis.

Para este projeto, a escolha de Python foi motivada pela sua compatibilidade com o QGIS e pela facilidade de integração com diversas bibliotecas que suportam o processamento e análise de dados geoespaciais. A combinação de Python com o QGIS permitiu o desenvolvimento de um plugin robusto e adaptável, capaz de atender às especificidades da elaboração de mapas de trafegabilidade.

2.4.4 Visual Studio Code (VSCode)

O Visual Studio Code, comumente referido como VSCode, é um editor de código-fonte desenvolvido pela Microsoft. Ele suporta múltiplas linguagens de programação e oferece uma série de funcionalidades que facilitam o desenvolvimento, como destaque de sintaxe, autocompletar, depuração integrada e controle de versão Git.

No contexto deste projeto, o VSCode foi utilizado como a principal ferramenta de edição de código. Sua capacidade de integrar-se diretamente com o Git, através do Github, proporcionou uma gestão eficiente do versionamento do código. Além disso, a disponibilidade de extensões específicas para Python no marketplace do VSCode otimizou o desenvolvimento, oferecendo recursos como linting, formatação automática e integração com ambientes virtuais.

A escolha do VSCode, portanto, não só facilitou o desenvolvimento e a manutenção do código, mas também proporcionou uma experiência de programação mais produtiva e integrada, especialmente quando combinada com as outras tecnologias empregadas no projeto.

2.4.5 Web Feature Service

Para atender os requisitos do projeto, o softaware deve extraiar os dados do BDGEx. Para essa finalidade, o serviço definido para essa conexão entre o QGIS e o BDGEx foi o WFS.

O WFS representa uma implementação crucial no contexto de serviços web para geoprocessamento. Este padrão, estabelecido pelo OGC, define uma interface padronizada baseada em HTTP para permitir a recuperação, consulta e modificação eficientes de dados geoespaciais vetoriais (7). Operando como um serviço web, o WFS viabiliza a requisição de informações geográficas específicas por meio de solicitações HTTP, facilitando a interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica distribuídos.

Sendo os parametros principais de consulta a seguir na tabela 1:

Tabela 1 – Parâmetros em uma solicitação WFS

Campo	Descrição
service	Indica o tipo de serviço sendo solicitado, neste caso, "WFS".
request	Especifica a operação desejada.
typeName	Identifica o tipo de recurso ou camada a ser consultado.
srsName	Especifica o Sistema de Referência Espacial (SRS) no qual as coordenadas geoespaciais devem ser apresentadas. A formatação correta inclui o código EPSG.
bbox	Representa a "Bounding Box"(caixa delimitadora) que define a área geográfica da qual as características devem ser obtidas.
outputFormat	Indica o formato de saída desejado para os dados.
version	Especifica a versão da especificação que está sendo usada.

.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para execução do projeto foram feitos modelos de funcionamento do produto final, para assim ser possível dividir o projeto em grandes etapas de implementação indepententes dentro do escopo definido. Isso tornou possível a listagem antecipada dos entregáveis esperados ao fim do projeto.

3.1 ENTREGÁVEIS

Com foco no objetivo proposto, a seguir estão listados os entregáveis do trabalho.

1) Plugin: plugin desenvolvido para geração de mapas de trafegabilidade na escala 1:25000 disponibilizado por meio de repositório no Github.

2) Relatório: o presente relatório, que possui modelo padronizado, contendo todos os aspectos envolvidos no trabalho, desde o estabelecimento do objetivo até a conclusão.

3) Documentação do Github: repositório do Github, que além de disponibilizar o plugin para uso, também descreve seu funcionamento e fornece detalhes envolvidos.

4) Apresentação: apresentação de slides usada na apresentação da VF de PFC.

3.2 Funcionamento do Plugin

O plugin iniciará com o usuário ativando-o no QGIS e escolhendo as entradas iniciais, dessa maneira, com a seleção do Mapa Índice a ser analisado e do tipo de tropa, será executada uma requisição no backend do código que irá entregar como produtos o Mapa de trafegabilidade e as outras camadas de interesse adquiridas, conforme figura 1.

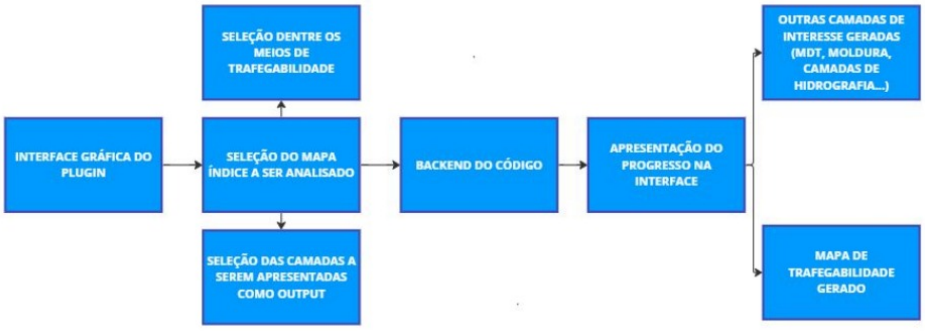

Figura 1 – Diagrama esquemático do funcionamento do plugin.

3.2.1 Backend

O backend do plugin desempenha um papel vital na automação do processo de geração de mapas de trafegabilidade. Sua arquitetura foi projetada para lidar com múltiplas tarefas, desde a requisição de dados até o processamento final do mapa.

A primeira etapa envolve a comunicação com o BDGEX e outros serviços externos por meio de requisições via API. Ao receber uma solicitação do usuário, o backend utiliza a moldura da região de interesse fornecida pelo usuário como parâmetro para essas requisições. Isso garante que apenas os dados geoespaciais relevantes para a área selecionada sejam recuperados, otimizando o tempo de resposta e a eficiência do processamento.

Após a obtenção dos dados, o backend inicia o processamento da análise de restrições de tráfego. Esta análise leva em consideração o parâmetro de deslocamento fornecido pelo usuário, seja ele viaturas sobre rodas, viaturas sobre lagartas ou tropa a pé.

O resultado dessa análise é, então, transformado em um mapa de trafegabilidade, que é apresentado ao usuário. Todo esse processo é ilustrado na Figura 2, que fornece uma visão esquemática do funcionamento interno do backend do plugin, destacando a integração de várias etapas e a fluidez do fluxo de dados.

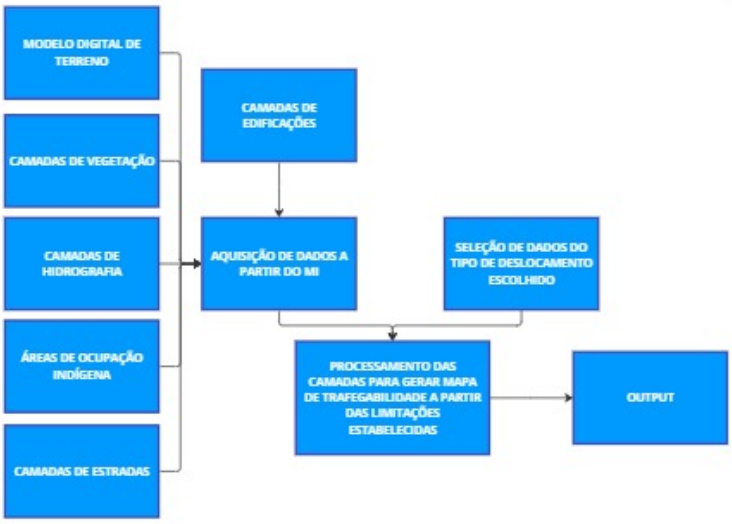

Figura 2 – Diagrama ilustrativo do funcionamento do backend do código do plugin.

3.2.2 Frontend

O frontend do plugin é estruturado em duas componentes principais: a Interface Gráfica e o Layout de Impressão.

3.2.2.1 Interface Gráfica

A interface gráfica, desenvolvida em consonância com os padrões estabelecidos pelo QGIS, proporciona ao usuário um meio intuitivo de interagir com o plugin. Ela é acessível através da caixa de ferramentas do QGIS, sob a categoria "PFC 2023", especificamente na opção "mapa de trafegabilidade".

Para a integração do plugin ao QGIS, foi necessário um processo de configuração específico. O plugin foi disponibilizado em formato .zip no repositório do GitHub, e o QGIS foi configurado para aceitar a instalação deste tipo de arquivo. Este método de distribuição e instalação foi escolhido por sua simplicidade e eficácia, permitindo uma fácil disseminação e atualização do plugin.

O usuário irá utilizar uma interface gráfica gerada conforme figura 3, na qual irá escolher o tipo de tropa a ser analisada, a região, o SRC da moldura e se deseja ter os produtos intermediários do processamento do plugin.

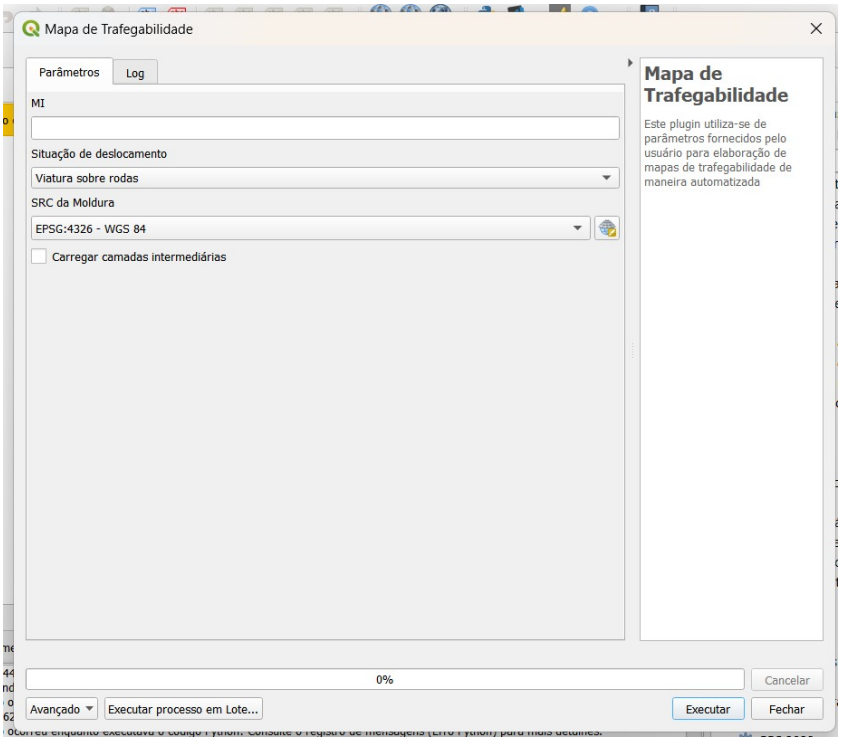

Figura 3 – Ilustração da Interface

3.2.2.2 Layout de Impressão

Após a utilização do plugin e a geração das camadas necessárias, um script acessório é utilizado para criar um layout de impressão estruturado do mapa de trafegabilidade. Este script, localizado na mesma pasta que o restante do plugin, deve ser aberto e executado no terminal Python. Ele foi desenvolvido para operar em conjunto com as camadas geradas pelo plugin, garantindo assim a correta representação dos dados.

O layout resultante inclui elementos essenciais como o mapa de trafegabilidade, legenda, direção do norte, escala e título. A geração deste layout tem como objetivo proporcionar uma representação visual detalhada e estruturada da região de interesse, que pode ser adaptada ou editada conforme as necessidades específicas do solicitante do produto cartográfico.

3.3 Definições Estabelecidas

Para atingir o objetivo estabelecido é necessário caracterizar o impacto dos elementos do terreno sobre a mobilidade da tropa e relacioná-los com as classificações apresentadas na seção 2.1 Ao longo do desenvolvimento deste projeto, fez-se necessário estabelecer definições para enquadrar alguns dos insumos nas categorias de classificação, além de decisões quanto a exibição de algumas camadas no resultado final. As subseções a seguir explicarão como essas definições e decisões foram estabelecidas, além de caracterizar o impacto dos elementos do terreno sobre a mobilidade da tropa.

3.3.1 Relevo

O relevo possui influência através da deformação do terreno em elevações e depressões, sendo mensuradas através do grau da inclinação. A influência da declividade sobre a classe de tropa está descrito abaixo na tabela 2. É válido citar que a norma classifica a faixa de 17º - 26º como "Muito restritivo"para viatura sobre rodas, porém essa situação de trafegabilidade não é caracterizada no documento e nem aparece ao serem analisados aspectos como Hidrografia e Vegetação, então decidiu-se tratar a classificação "Muito restritivo"como "Impeditivo". (1)

Tabela 2 – Tabela de influência da Declividade

Declividade	**Tropa a Pé**	**Viatura Sobre Rodas**	**Viatura sobre Lagarta**
0º - 6 º	Adequado	Adequado	Adequado
6º - 17º	Adequado	Restritivo	Adequado
17º - 26º	Adequado	Impeditivo	Restritivo
26º - 45º	Restritivo	Impeditivo	Impeditivo
+ de 45º	Impeditivo	Impeditivo	Impeditivo

3.3.2 Vegetação

Os insumos obtidos não possuem atributos que permitam análise de todos os elementos previstos em manual. Para contornar isso, utilizou-se da semelhança de cada classe de vegetação presente na EDGV 3.0(2), conforme disposto no anexo A e da Tabela 3 retirada da Diretriz de Trafegabilidade para Viaturas sobre Rodas

e sobre Lagartas (1) a fim de enquadrá-las em uma das classificações descritas na seção 2.1. A seguir está o embasamento para cada escolha.

Tabela 3 – Classificação do Terreno com Base na Vegetação

Classificação do Terreno	**Descrição da Vegetação**
Impeditivo	Grupo de árvores que impeçam o emprego de forças blindadas ou dificultem o movimento de tropas a pé.
Restritivo	Árvores espaçadas com reduzido diâmetro.
Adequado	Árvores com diâmetros reduzidos e espaçadas, não interferindo no emprego de veículos ou tropas a pé.

3.3.2.1 Brejo_Pantano

– **Tropa a Pé:** O terreno pantanoso é classificado como Impeditivo para a tropa a pé, refletindo os efeitos de cheias dos rios e de suas três fisionomias: palmeiral, arbustiva e herbácea, incluindo açaizal e buritizal. O Mangue preto (Avicennia germinans) é um tipo de vegetação que dificultam a locomoção da tropa conforme figura 4.

Figura 4 – Vegetação Avicennia germinans

– **Viatura sobre Rodas:** A lama e o terreno pantanoso classificam o deslocamento de viaturas sobre rodas como Restritivo, indicando a necessidade de cuidados

especiais ao empregar veículos com rodas, uma vez que há vegetações como o Mangue vermelho (Rhizophora mangle) que possui raízes aéreas chamadas pneumatóforos, que se projetam para cima a partir do solo, criando obstáculos para as rodas das viaturas conforme figura 5.

Figura 5 – Vegetação Rhizophora mangle

– **Viatura sobre Lagarta:** Esteiras podem ficar presas na lama e no terreno pantanoso, bem como ser restrita pelas raízes que formam uma rede como a Rhizophora mangle, tornando o deslocamento Impeditivo.

3.3.2.2 Caatinga

– **Tropa a Pé:** A vegetação da Caatinga torna o deslocamento da tropa a pé Restritivo, uma vez que exige esforço adicional para avançar, caracterizado pela vegetação Savana-Estépica, com árvores espinhosas e cactos trás restrições de velocidade no avanço. O Jurema-preta (Mimosa tenuiflora) é uma planta espinhosa que possui galhos finos e espinhos afiados. Isso cria uma vegetação intricada, com espinhos que podem ferir ou prejudicar os soldados em sua marcha, conforme figura 6.

– **Viatura sobre Rodas:** As Viaturas sobre rodas podem passar entre as árvores esparsas sem grandes obstáculos. Nessa região, existe a Carnaúba (Copernicia prunifera) que possui suas arvóres esparsas e cresce em locais com solos firmes

Figura 6 – Vegetação Mimosa tenuiflora

onde a mobilidade de veículos com rodas não é significativamente comprometida, conforme figura 7.

Figura 7 – Vegetação Copernicia prunifera

– **Viatura sobre Lagarta:** O terreno esparsamente arborizado da Caatinga favorece veículos com lagartas, devido ao solo firme e as arvores esparsas.

3.3.2.3 Campo

- **Tropa a Pé:** É caracterizado pelo terreno aberto e plano, sendo classificado como Adequado para a tropa a pé.
- **Viatura sobre Rodas:** As Rodas podem se mover livremente em terreno plano sendo classificado como Adequado para as Viaturas sobre roda.
- **Viatura sobre Lagarta:** As Viaturas sobre Lagartas podem se mover eficientemente em terreno aberto, sendo classificado como Adequado.

3.3.2.4 Cerrado

- **Tropa a Pé:** O Cerrado, geralmente com vegetação esparsa, é Adequado para a tropa a pé, caracterizado por dois estratos, um graminoso e outro arbóreo. Pode-se destacar o terreno Lavrado com uma área aberta e com vegetação rasteira, sendo propício para a mobilidade de tropas segundo figura 8.

Figura 8 – Terreno Lavrado

- **Viatura sobre Rodas:** As Viaturas sobre rodas podem navegar facilmente entre as árvores esparsas do Cerrado. Além do terreno Lavrado, pode-se citar também o Tabuleiro típico da região Nordeste conforme figura 9.
- **Viatura sobre Lagarta:** O Cerrado permite mobilidade adequada as viaturas sobre lagartas dado as árvores esparsas.

Figura 9 – Terreno Tabuleiro

3.3.2.5 Floresta

– **Tropa a Pé:** A densidade da vegetação florestal torna o movimento a pé Impeditivo, há regiões como a amazônica que a vegetação pode impor a dificuldade em estabelecer trilhas devido a caminhos estreitos e criação de sombras extensas como a Samaúma (Ceiba pentandra) conforme figura 10.

Figura 10 – Vegetação Ceiba pentandra

– **Viatura sobre Rodas:** Rodas podem ter dificuldades em meio à vegetação densa, além da baixa esparsidade entre as árvores, sendo o movimento classificado como Impeditivo.

– **Viatura sobre Lagarta:** Apesar das Esteiras conseguirem superar a vegetação densa, podem ficar presas em troncos e obstáculos sendo o movimento classificado

como Impeditivo.

3.3.2.6 Mangue

- **Tropa a Pé:** O terreno pantanoso do Mangue é Impeditivo para a tropa a pé, devido as Raízes Aéreas que dificultam a formação de rotas e aos solos que sofrem infuência flúvio-marinha.
- **Viatura sobre Rodas:** As Rodas podem ter dificuldade nos solos limosos, além de estar em regiões com infuência flúvio-marinha possuindo lama, tornando o movimento Restritivo.
- **Viatura sobre Lagarta:** As Esteiras podem ser restritas pela vegetação caracterizada pelas Raízes Aéreas, além do solo ser limosos, dessa forma o movimento é Impeditivo.

3.3.2.7 Veg_Cultivada

Para fins de projeto foi caracterizado como restrito para as tropas uma vez que é predominantemente área privada, mas em termos de locomoção como o terreno é aquela que possui espécies vegetais cultivadas com objetivos ecológico, de alimentação, aproveitamento industrial ou para proteção do solo contra erosão, tem-se uma mobilidade adequada para o deslocamento.

3.3.2.8 Restrição vegetação

Ao conectar as definições de terreno apresentadas no manual com as características detalhadas da vegetação fornecidas pela EDGV, obtém-se uma abordagem mais holística e aplicável. Isso não apenas aprimora a interpretação das classificações de terreno, como também oferece insights valiosos sobre como as tropas e veículos interagem com a vegetação específica de cada ambiente. Assim, a seguir na tabela 4, há o compilado das restrições devido a vegetação.

Tabela 4 – Classificação de Vegetação para Tipos de Tropa e Veículo

Tipo Vegetação	**Tropa a Pé**	**Viatura sobre Rodas**	**Viatura sobre Lagarta**
Brejo_Pantano	Impeditivo	Restritivo	Impeditivo
Caatinga	Restritivo	Adequado	Adequado
Campo	Adequado	Adequado	Adequado
Cerrado	Adequado	Adequado	Adequado
Floresta	Impeditivo	Impeditivo	Impeditivo
Mangue	Impeditivo	Restritivo	Impeditivo
Veg_Cultivada	Restritivo	Restritivo	Restritivo

3.3.3 Hidrografia

A Hidrografia influencia a mobilidade por meio da presença de rios, lagos e lagoas. Para uma solução completa de trafegabilidade é necessário analisar a largura, profundidade e velocidade de corrente, todavia os dados coletados só adquirem a existência ou não dessas formações. Dessa maneira, visando maior segurança e aderência às classificações descritas na seção 2.1, as classes de corpos d'água foram definidas como Impeditivas e as demais classes de hidrografia definidas como Restritivas. As tabelas 5 e 6 ilustram isso.

Tabela 5 – Tabela de influência da Hidrografia: Classes Impeditivas

Tipo Hidrografia: Classes Impeditivas	
Area_Umida	Trecho_Drenagem
Foz_Maritima	Massa_Dagua
Recife	Rocha_Em_Agua

Tabela 6 – Tabela de influência da Hidrografia: Classes Restritivas

Tipo Hidrografia: Classes Restritivas	
Terreno_Sujeito_Inundação	Banco_Areia

3.3.4 Estradas

Naturalmente, ao analisar as possibilidades de trafegabilidade em uma região, deve-se considerar os caminhos já existentes. Nesse contexto, são levadas em consideração as camadas "Trecho Rodoviario", que correspondem à segmentação

de uma ou mais rodovias, e "Via Deslocamento", que compreende vias de trânsito terrestre. Essas camadas fornecem orientações para que o usuário possa se guiar.

É importante observar que na análise de trafegabilidade, a estrada não entra como influência, além de não ser influênciada por outras classes, como relevo e vegetação. Dessa maneira, pode-se haver uma região com estrada que seja restritivo pelo relevo ou vegetação, mas dado que há uma estrada essa área está sendo caracterizada como adequado.

3.3.5 Áreas especiais

Dentro do escopo definiu-se como impeditivo o acesso a áreas demarcadas como reservas indígenas, cujas regiões são indicadas pela classe "Terra_Indigena.

3.4 Etapas da Implementação

3.4.1 Escolha dos parâmetros de consulta

Para a consulta ao banco de dados do BGEX através do WFS, definiu-se as variáveis a seguir conforme tabela 7:

Tabela 7 – Parâmetros para uma solicitação WFS

Parâmetro	Valor
service	"WFS"
request	"GetFeature"
typeName	"ms:"+ `classe`
srsName	f"EPSG:epsg[1]"
bbox	`bbox`
outputFormat	"GML2"
version	"1.0.0"
wfs-url	"https://bdgex.eb.mil.br/ms25"

Nesse aspecto, foi definida a escala de 1:25000 como a utilizada para a criação dos mapas de trafegabilidade. A EPSG 4326 foi escolhida como pré-definida, mas será possível o usuário trocar na interface gráfica do plugin. A área de interesse

é definida pelo usuário gerando uma moldura conforme figura 11. que é usada no WFS através da variável bbox.

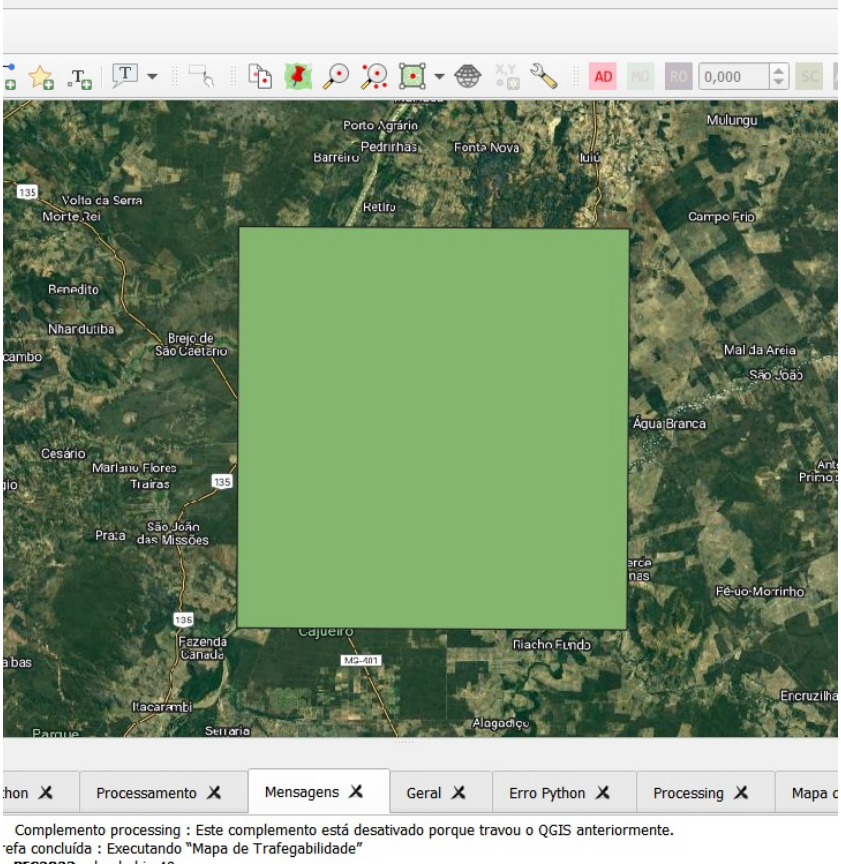

Figura 11 – Ilustração da Moldura

3.4.2 Processamento do MDE

O MDE é importado usando a região da moldura definida pelo usuário, sendo ele exemplificado na figura 12. Para a obtenção da restrição de mobilidade baseado na declividade utilizou-se a ferramenta de processamento "Declividade", já presente no QGIS, que gera como resultado um raster cujos valores de pixel são as declividades em graus calculadas para cada um deles. O resultado desse processamento é apresentado na figura 13.

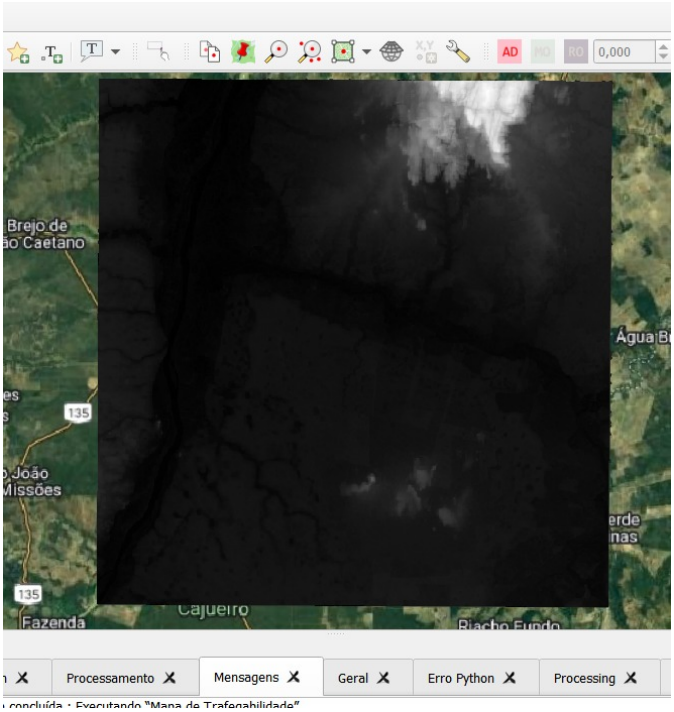

Figura 12 – MDE

3.4.3 Acesso dos dados BDGEx

A importação dos dados do BDGEx terá camadas de vegetação, Hidrografia e edificações/rodovias conforme figura 14. Nesse aspecto, são formulados as retrições conforme o fatores do terreno e a classe da tropa escolhida para a classificação do terreno.

3.4.4 Geração do mapa de trafegabilidade

Após a obtenção dos insumos, a região definida pelo MI será subdividida em camadas vetoriais denominadas "Adequado", "Restritivo"e "Impeditivo"seguindo as definições estabelecidas na seção 2.1. A classificação de uma área dentro de uma dessas subdivisões será feita ao aplicar sobre os insumos os critérios definidos na seção 2.6. Caso uma mesma região apresente classificações diferentes, a mais restritiva prevalecerá. As figuras 15, 16 e 17 mostram o resultado das áreas classificadas para o MI 2134-1-NE. Além das camadas vetoriais resultantes da

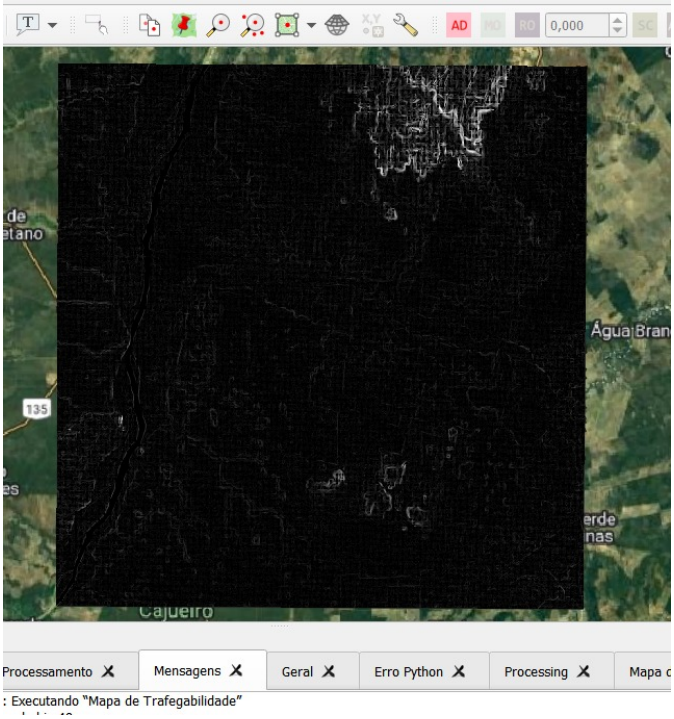

Figura 13 – Raster de Declividade

Figura 14 – Camadas do BDGEx

classificação, são adicionadas as edificações e o trecho rodoviário para compor o mapa de trafegabilidade resultando na figura 18.

3.4.5 Layout do mapa

Por fim, o usuário poderá visualizar e analisar o mapa de trafegabilidade gerado através do plugin no layout observado na figura 19. Trata-se de um elemento acessório, utilizado para uma visualização alternativa do principal resultado obtido, que são os vetores de áreas classificadas.

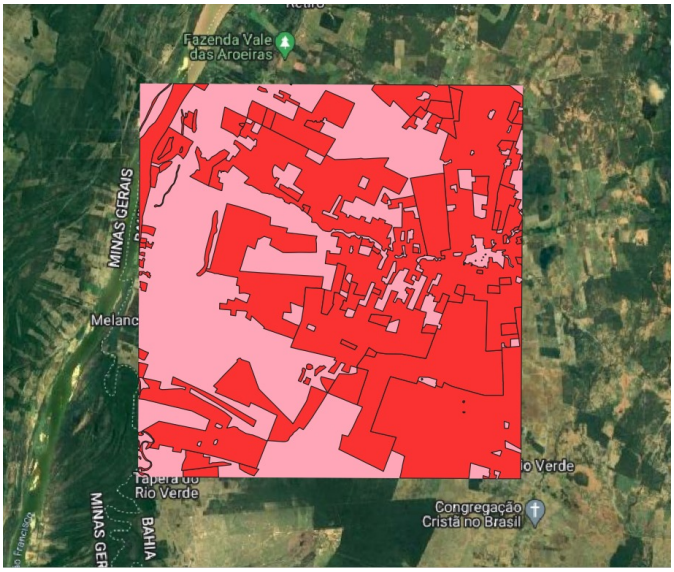

Figura 15 – Região classificada como Impeditiva para o MI 2134-1-NE

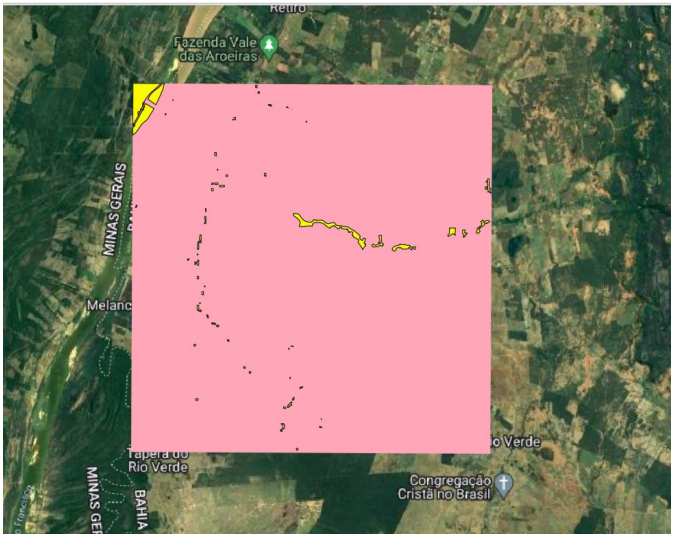

Figura 16 – Região classificada como Restritiva para o MI 2134-1-NE

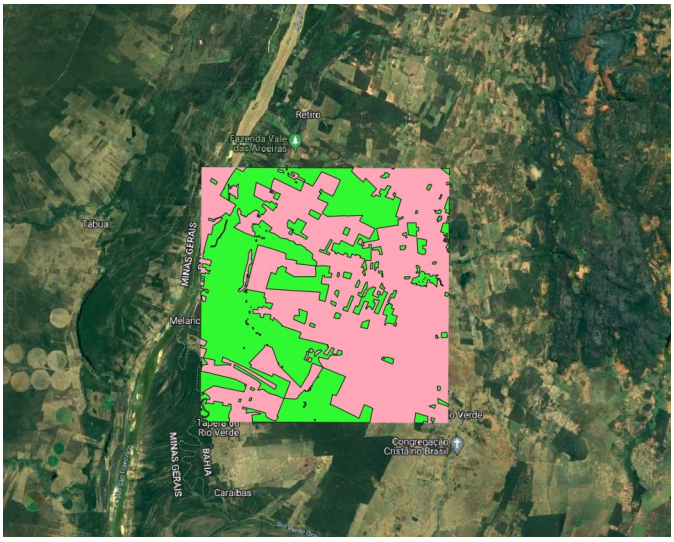

Figura 17 – Região classificada como Adequada para o MI 2134-1-NE

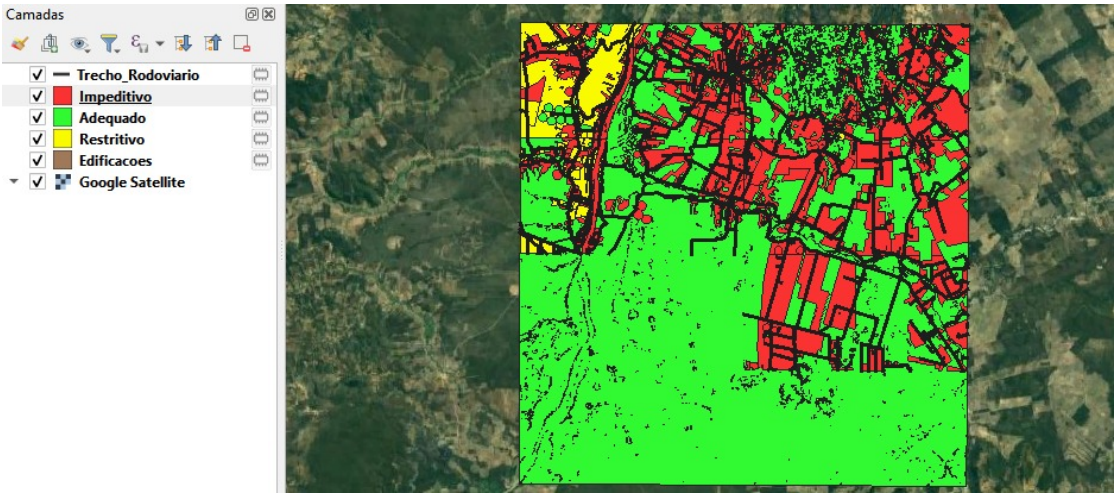

Figura 18 – Camadas do Mapa de Trafegabilidade

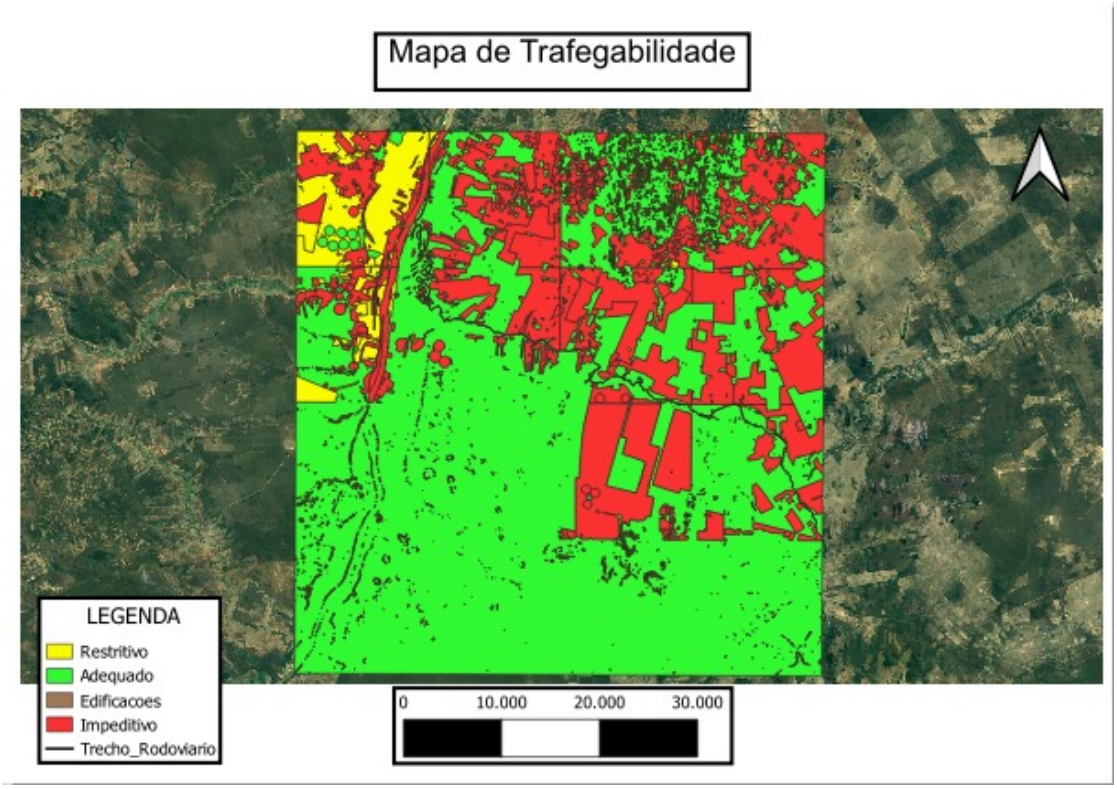

Figura 19 – Mapa de Trafegabilidade

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um plugin para a elaboração automatizada de mapas de trafegabilidade na escala 1:25000 atende a uma demanda iminente na cartografia militar. A necessidade de agilidade e precisão na linha de produção de produtos cartográficos foi o principal motivador deste projeto.

A metodologia adotada, que envolveu a análise de requisitos e a criação de uma interface gráfica, permitiu que o plugin coletasse os parâmetros necessários para a geração dos mapas. A integração com o BDGEx assegurou a confiabilidade e aplicabilidade dos dados utilizados, além de manter autonomia de produção do Exército, de forma a não se tornar dependente de fontes de dados admnistrados por terceiros.

O produto final, embora com espaços para vários incrementos de funções, já apresenta funcionalidade e potencial para contribuir com a demanda por insumos a serem utilizados no planejamento de missões militares. A hospedagem do código no GitHub torna possível contínuas melhorias e adaptações, de forma a permitir que a comunidade contribua com aprimoramentos e novas aplicabilidades.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Expansão do projeto para considerar viaturas mais específicas, ampliando o escopo de aplicação.
- Enriquecimento dos insumos de dados, incorporando características detalhadas de estradas, peso suportado, largura e profundidade de massas d'água, entre outros.

REFERÊNCIAS

1 EXÉRCITO, E.-M. do. *Diretriz de Trafegabilidade para Viaturas sobre Rodas e sobre Lagartas*. Brasília, DF, 2010. Aprovada em 7 de janeiro de 2011.

2 (CONCAR), C. N. de C. *Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)*. 2017. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/edgv/ET-EDGV-3_0_210518.pdf>.

3 GOMES, F. R. d. R. *Avaliação de Discrepância entre Superfícies no Espaço Tridimensional*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

4 GROUP, E. P. S. *EPSG Database*. 2023. Acesso 04-09-2023. Disponível em: <https://epsg.io/>.

5 TEAM, Q. D. *QGIS Geographic Information System*. 2023. Acesso 04-09-2023. Disponível em: <https://www.qgis.org/>.

6 GITHUB. *GitHub - Where the world builds software*. 2023. Disponível em: <https://github.com/>.

7 (OGC), O. G. C. *Web Feature Service (WFS) Standard*. 2023. Disponível em: <https://www.ogc.org/standard/wfs/>.

ANEXO A – CLASSES VEGETAÇÃO EDGV

Tabela 8 – Descrição de diferentes biomas.

Bioma	**Descrição**
Brejo_Pantano	Brejo ou pântano é uma formação pioneira de influência fluvial e/ou lacustre das planícies aluviais que refletem os efeitos de cheias dos rios nas épocas chuvosas ou das depressões alagáveis todos os anos. Nestes terrenos aluviais, conforme a quantidade de água empoçada e o tempo que ela permanece na área, as comunidades vegetais vão desde a pantanosa até os terraços alagáveis temporariamente, onde, em muitas áreas, as palmeiras se agregam, constituindo o açaizal e o buritizal. Apresenta três fisionomias, palmeiral (buritizal, carandazal, carnaubal e outras), arbustiva e herbácea.
Caatinga	Caatinga é classificada como Savana-Estépica pelo IBGE, ocorre predominantemente no Nordeste. É composta por indivíduos arbóreos (muitos deles espinhosos) com esgalhamento acentuado. Na época seca perdem as folhas (decidualidade). Neste tipo de vegetação é constante a ocorrência de cactos. Apresentam quatro fisionomias, Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo-Lenhosa, sendo a última, pelas características fisionômicas, contemplada na classe "Campo". A savana-estépica também ocorre nos campos de Roraima, Chaco Sul-Mato-Grossense e Parque de Espinilho da barra do Rio Quaraí (área fora do Nordeste).

Continua na próxima página

Tabela 8 continuada da página anterior

Bioma	**Descrição**
Campo	Campo é uma forma particular de ocorrência (normalmente cirscunstancial) de uma vegetação e se caracterizada pelas fisionomias Gramíneo-Lenhosas da Campinarana, da Savana (Cerrado), da Savana-Estépica (Caatinga) e da Estepe (Campos do sul do Brasil).
Cerrado	Cerrado é caracterizada por dois estratos: um graminoso e outro arbóreo com indivíduos tortuosos e ramificação irregular. Ocorre prioritariamente no Brasil Central e em outras partes do País recebe nomes locais como: "tabuleiro", "agreste", "chapada" no nordeste, "campina" ou "gerais" no norte de Minas Gerais, Tocantins e Bahia, "lavrado" em Roraima, dentre outras denominações. Apresenta quatro fisionomias/ Florestada (Cerradão), Arborizada (Campo Cerrado), Parque (Campo-Sujo-de-Cerrado) e Gramíneo-Lenhosa (Campo-Limpo-de-Cerrado), sendo a última, pelas características fisionômicas, contemplada na classe "Campo". Também conhecida como savana.
Floresta	Floresta é um tipo de vegetação caracterizado por árvores de porte alto que na Amazônia podem atingir alturas superiores a 40 m. Em determinadas áreas é bastante significativa a presença de palmeiras, cipós, bambus e sororocas junto com os indivíduos arbóreos da floresta. Em outros locais, fora da Amazônia, durante alguns meses, devido à falta de chuvas, a floresta perde parte de suas folhas (decidualidade), chegando em algumas áreas a perda ser superior a 50%. No sul do País, principalmente, é marcante a presença da espécie conhecida como pinheiro-do-paraná na composição da floresta.

Continua na próxima página

Tabela 8 continuada da página anterior

Bioma	**Descrição**
Mangue	Mangue é uma formação pioneira de influência flúvio-marinha de ambiente salobro, situada na desembocadura de rios e regatos no mar, onde, nos solos limosos (manguitos), cresce uma vegetação especializada, adaptada à salinidade de águas.

Tabela 8 – Descrição de diferentes biomas.