



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

1º Ten CLAUDIO MACHADO LARANJEIRAS JUNIOR

**PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES
UTILIZANDO-SE *SOFTWARES* DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

**Formosa – GO
2023**



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

1º Ten CLAUDIO MACHADO LARANJEIRAS JUNIOR

**PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES
UTILIZANDO-SE *SOFTWARES* DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

**Formosa – GO
2023**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO MILITAR DO PLANALTO
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES
DIVISÃO DE DOCTRINA E PESQUISA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: 1º Ten Art CLAUDIO MACHADO LARANJEIRAS JUNIOR

TÍTULO: PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES UTILIZANDO-SE SOFTWARES DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

APROVADO EM ____/____/2023

CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA

Membro	Menção Atribuída

CLAUDIO MACHADO LARANJEIRAS JUNIOR – 1º Ten

Aluno

PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES UTILIZANDO-SE SOFTWARES DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Claudio Machado Laranjeiras Junior
Victor de Freitas Passavante

RESUMO

O presente trabalho busca evidenciar a possibilidade da utilização de Sistemas de Informação Geográfica, como o QGIS, no levantamento topográfico da Artilharia de Mísseis e Foguetes, abordando a utilização do *software* QGIS em levantamentos topográficos, visando contribuir para a Artilharia de Mísseis e Foguetes. A revisão bibliográfica destaca os fundamentos teóricos do QGIS e a utilização deste no levantamento topográfico. Já na identificação e avaliação das principais ferramentas e técnicas utilizadas no programa, são ressaltadas, por exemplo, o suporte a dados raster e vetoriais, análise espacial, plugins, suporte à linguagem de programação Python e exportação de mapas e dados em diversos formatos. Além disso, são evidenciadas as técnicas utilizadas para realizar o levantamento topográfico, como as cartas topográficas e o uso de GPS e VANTs.

Palavras-chave: Doutrina. Topografia. Artilharia. Mísseis e Foguetes. ASTROS. VANT. QGIS. SIG.

ABSTRACT

This paper aims to demonstrate the possibility of using Geographic Information System *software*, such as QGIS, in the topographic survey of Missile and Rocket Artillery, addressing the use of QGIS *software* in topographical surveys, aiming to contribute to the Missile and Rocket Artillery. The literature review highlights the theoretical fundamentals of QGIS and its use in topographic surveying. In identifying and evaluating the main tools and techniques used in the program, support for raster and vector data, spatial analysis, plugins, support for the Python programming language, and exporting maps and data in various formats are emphasized, among other features. Additionally, the techniques used to carry out topographic surveys, such as topographic maps and the use of GPS and UAVs, are highlighted.

Key words: Doctrine. Topography. Artillery. Missile and Rockets. ASTROS. UAV. QGIS. SIG.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Carta 1:50.000 do Arquipélago dos Açores	15
Figura 2 – Foto da demarcação realizada pelo Danish Demining Group	17
Figura 3 – Uso do QGIS na análise do terreno	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 PROBLEMA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES.....	9
2 METODOLOGIA.....	10
2.1 TIPO DE PESQUISA.....	10
2.2 COLETA DE DADOS.....	10
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	11
2.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO QGIS E LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES.....	12
3.1.1 Levantamento topográfico	12
3.1.2 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	13
3.1.3 QGIS	14
3.1.4 Uso do QGIS no levantamento topográfico	15
3.2 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS NO QGIS PARA LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES	17
3.2.1 Ferramentas utilizadas no QGIS para o levantamento topográfico	17
3.2.2 Técnicas utilizadas	18
3.2.2.1 Cartas	18
3.2.2.2 VANTs	19
3.2.2.3 Google Maps	20
3.3 PROCEDIMENTOS PARA REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO UTILIZANDO-SE DO QGIS	20
3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, DESTACANDO AS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA UTILIZAÇÃO DO QGIS PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	21
3.4.1 Vantagens da utilização do QGIS para o levantamento topográfico	21
3.4.2 Desvantagens da utilização do QGIS para o levantamento topográfico ...	23
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25

REFERÊNCIAS 27

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA

O método de levantamento topográfico atual utilizando GPS, AGLS e fichas topográficas podem apresentar algumas limitações quando comparados a utilização de *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Uma das principais limitações do método atual é a necessidade de uma equipe de campo para coletar dados e produzir fichas topográficas, o que pode ser demorado e dispendioso. Além disso, a precisão das medições pode ser afetada por fatores como condições meteorológicas e interferência de sinais.

Por outro lado, o uso de *softwares* SIG permite que os dados sejam coletados e analisados em tempo real, sem a necessidade de uma equipe de campo. Além disso, os dados coletados pelo *Global Positioning System* (GPS) e *Atlas Gun Laying System* (AGLS) podem ser integrados diretamente no *software* SIG, o que aumenta a precisão e reduz o tempo necessário para produzir mapas e relatórios. O método de levantamento topográfico utilizando *softwares* SIG também permite a análise de dados em diferentes escalas e a criação de modelos tridimensionais do terreno, o que pode ser útil em diversas aplicações.

Este TCC tem como problema de pesquisa a investigação da eficiência do uso de *software* SIG, especificamente o QGIS, em relação aos métodos convencionais de levantamento topográfico para a realização do levantamento de posições, especificamente no contexto do Sistema de Mísseis e Foguetes. O levantamento de posições é uma atividade crítica em operações militares, pois sua precisão é fundamental para a eficiência no apoio aos elementos de manobra. Por isso, é importante avaliar se o uso de ferramentas de SIG podem trazer benefícios em termos de precisão, rapidez e economia em comparação com os métodos convencionais.

Há uma variedade de *softwares* de SIG disponíveis no mercado, e é necessário investigar se essas ferramentas podem ser úteis para melhorar a eficiência do levantamento de posições, focando em operações militares. Esse é um problema relevante, pois a eficiência no levantamento de posições pode ter um impacto significativo no sucesso das operações militares. Cada uma dessas opções tem suas próprias capacidades e limitações, e a escolha do SIG livre mais adequado

para um projeto dependerá das necessidades específicas do usuário. Analisando a disponibilidade, treinamento e especialização realizada no Exército Brasileiro pelo Diretoria de Serviços Geográficos (DSG), que utiliza o QGIS e leciona estágios de capacitação aos militares do Forte Santa Bárbara, foi utilizado como referência o programa QGIS.

A pergunta de pesquisa central deste TCC é:

O uso de SIG, mais especificamente o programa QGIS, é mais eficiente do que utilizar somente as técnicas de levantamento topográfico convencional no contexto do Sistema de Mísseis e Foguetes?

1.2 OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é analisar e comparar os procedimentos para realização do levantamento de posições utilizando o *software* QGIS com os métodos convencionais do Sistema de Mísseis e Foguetes, a fim de avaliar a eficiência e benefícios do uso de SIG nesse processo. Para tanto, seguiremos os seguintes objetivos intermediários:

- 1. Revisão bibliográfica sobre os fundamentos teóricos do QGIS e levantamento topográfico.**
- 2. Identificação e avaliação das principais ferramentas e técnicas utilizadas no QGIS para levantamento topográfico.**
- 3. Procedimentos para a realização do levantamento topográfico utilizando-se o QGIS.**
- 4. Análise e discussão dos resultados obtidos, destacando as vantagens e limitações da utilização do QGIS para o levantamento topográfico.**

1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES

A justificativa da pesquisa que norteia este trabalho é: a aplicação do QGIS no levantamento topográfico é mais eficaz que somente os métodos convencionais? A resposta a essa pergunta permitirá avaliar a eficácia e aplicabilidade do programa QGIS nesse tipo de levantamento, contribuindo para aprimorar os processos de coleta e análise de informações geográficas em sistemas complexos como o Sistema de Mísseis e Foguetes.

2. METODOLOGIA

Neste capítulo, serão apresentados os métodos e procedimentos utilizados na realização deste estudo, com o objetivo de descrever os procedimentos para realização do levantamento de posições utilizando-se *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio de uma pesquisa bibliográfica.

2.1 TIPO DE PESQUISA

Este estudo foi realizado por meio de uma pesquisa bibliográfica, que consiste na análise e sistematização de informações encontradas em livros, artigos, teses, dissertações, manuais, guias, normas técnicas e outros documentos disponíveis em bases de dados eletrônicas e *websites* especializados. Além disso, foram explorados artigos de outros atores visando embasar os argumentos deste trabalho.

De acordo com Gil (2002, p. 44), “a pesquisa bibliográfica [...] permite ao pesquisador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

2.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para esta pesquisa foi realizada por meio de buscas em bases de dados eletrônicas, como Google Acadêmico, utilizando-se os termos “Levantamento de posições”, “Sistemas de Informação Geográfica” e “Procedimentos de coleta de dados geográficos”. A seleção dos artigos foi feita com base em critérios de relevância, como a adequação dos temas e abordagens aos objetivos desta pesquisa, a qualidade e atualidade dos conteúdos, a credibilidade dos autores e a consistência das informações apresentadas.

De acordo com Cervo (2002, p. 65), “a seleção de fontes deve ser feita com base em critérios estabelecidos pelo próprio pesquisador, que considere tanto a importância das fontes como a sua atualidade e qualidade”.

Além das buscas em bases de dados eletrônicas, foram realizadas pesquisas em *websites* especializados em SIG, como QGIS e a Biblioteca Digital do Exército Brasileiro, com o objetivo de obter informações sobre os *softwares* de SIG, seus

procedimentos de coleta de dados geográficos e do levantamento topográfico na Artilharia de Mísseis e Foguetes. De acordo com França (2001, p. 56), “a pesquisa na internet pode ser uma importante fonte de informação, desde que sejam consideradas questões de credibilidade e atualidade das informações encontradas”.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram analisados, organizados e sintetizados em forma de revisão bibliográfica. A análise dos dados consistiu na identificação das informações relevantes e na sua sistematização, com o objetivo de construir uma base de conhecimento sobre os procedimentos para realização do levantamento de posições utilizando-se *softwares* de SIG.

Foram utilizados *softwares* de gerenciamento de referências bibliográficas para facilitar a organização e a sistematização dos dados coletados.

De acordo com Marconi e Lakatos (2007, p. 183), “a análise dos dados na pesquisa bibliográfica consiste em identificar as informações relevantes para o tema em estudo e organizá-las de forma coerente e sistemática”.

2.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Uma limitação deste estudo é a falta de coleta de dados em campo, o que poderia proporcionar uma análise mais aprofundada dos procedimentos de coleta de dados geográficos. No entanto, a pesquisa bibliográfica permitiu a identificação de diversos estudos que abordam o tema em questão, o que possibilitou a construção de uma base de conhecimento sólida sobre o assunto.

Outra limitação é a restrição das fontes de pesquisa, uma vez que nem todas as informações disponíveis na internet são confiáveis e atualizadas. Para minimizar esse problema, foram utilizados critérios rigorosos de seleção de fontes e a consulta de *websites* confiáveis e especializados em SIG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS FUNDAMENTOS TEÓRICOS DO QGIS E LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES

3.1.1 Levantamento Topográfico

Conforme preconiza o Manual de Campanha C 6-199, entende-se por levantamento topográfico o processo que busca “o estabelecimento de uma trama comum que permita: concentrar o fogo; desencadear, de surpresa, tiros observados; desencadear tiros eficientes, sem observação; transmitir dados de locação de alvos de uma para outra unidade.”. Portanto, podemos perceber que a topografia na Artilharia visa a máxima precisão no apoio pelo fogo aos elementos de manobra.

Conforme o Caderno de Instrução Experimental C 6-199/1, foi adaptado o levantamento topográfico com meios eletrônicos, como Telêmetro Laser e GPS, inclusive afirmando que o então problema da disponibilidade seletiva acabou em maio de 2000. Este problema era muito utilizado por críticos da tecnologia por afirmarem que o equipamento GPS possuía baixa precisão. Portanto, atualmente, o uso de meios eletrônicos para o levantamento topográfico já é amplamente aceito, ainda que requira uma equipe no terreno para realizar tal trabalho.

No contexto do Grupo de Mísseis e Foguetes (GMF), o levantamento topográfico é realizado pelo Oficial de Reconhecimento (O Rec), que junto de sua equipe levanta os dados necessários para o desdobramento do GMF no teatro de operações. Nesse intuito, são levantadas Áreas de Posições para cada Bateria (Bia) do GMF, que contém Posições de Espera e Posições de Tiro para serem ocupadas. Segue o trecho que retrata o trabalho do O Rec e seus grupos no levantamento da Posição de Espera (Pos Espa):

Para o reconhecimento da Pos Espa, o O Rec e seus grupos devem:

- a) reconhecer o itinerário até a posição;
- b) balizar a entrada da posição ou aguardar para guiar a ocupação da posição;
- c) reconhecer e definir a distribuição das Vtr na posição de forma que se monte um dispositivo seguro para todos os lados e facilite o acesso e a circulação na posição;
- d) ordenar o reconhecimento detalhado das Pos Tir aos Gp Rec; e
- e) ordenar ao Adj O Rec a procura de pontos afastados no terreno que atendam ao maior número de Pos Tir para levantar suas coordenadas (normalmente por meio eletrônico). (BRASIL, 2021)

Além disso, o texto a seguir retrata o trabalho do O Rec e seus grupos no levantamento da Posição de Tiro (Pos Tir):

Para o reconhecimento da Pos de tiro ou de troca, o O Rec e seus grupos devem:

- a) reconhecer o itinerário até as posições;
- b) definir um P Lib para as posições ou aguardar na posição para guiar sua ocupação;
- c) reconhecer e balizar o trajeto das viaturas até a posição;
- d) identificar a posição de ocupação das Vtr;
- e) reconhecer ou montar ponto afastado que tenha visada para a posição das Vtr e, se possível, que atenda outras posições de tiro também;
- f) obter as coordenadas das posições onde será desencadeado o disparo (normalmente por diferencial de campo com GPS); e
- g) transmitir as coordenadas por rádio ou pessoalmente ao CLF. (BRASIL, 2021)

Considerando que a obtenção das coordenadas necessárias é realizada por intermédio do GPS, existe a possibilidade de emprego de SIG em conjunto com o GPS dos Grupo de Reconhecimento (Gp Rec) para o Reconhecimento (Rec) das Posições (Pos) a serem ocupadas, conforme será abordado posteriormente. Além disso, outro meio que pode ser exaustivamente utilizado em conjunto com SIG são Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). Ainda que o GMF não possua tais meios, uma possível solução é retratada por um trecho do manual do Grupo de Mísseis e Foguetes:

8.2 BUSCA DE ALVOS NO GRUPO DE MÍSSEIS E FOGUETES

8.2.1 O processo de busca de alvos deve ser sistematizado e organizado. Seu planejamento deve ser realizado com base nas diretrizes e ordens emanadas.

8.2.2 Os alvos serão obtidos pela inteligência militar e pela bateria de busca de alvos. Destaca-se a necessidade de comunicação entre as células de inteligência e fogos.

8.2.3 O GMF não possui meios orgânicos para a busca de alvos. Seus alvos serão oriundos de uma análise de alvos de seu escalão superior no TO. Entretanto, conforme o exame de situação, o GMF pode receber meios de busca de alvos em reforço, visando a agilizar as ações de pronta resposta ao inimigo. (BRASIL, 2021)

Conforme o item 8.2.3 do Capítulo VIII – Busca de Alvos, “o GMF **pode** receber meios de busca de alvos em reforço”, como VANT, por exemplo. Portanto, o emprego conjunto de SIG e GPS é plenamente possível atualmente, bem como a utilização de VANT poderá ser realizada no futuro, com a criação do Núcleo da Bateria de Busca de Alvos.

3.1.2 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Conforme o Caderno de Instrução de Geoinformação EB80-CI-72.001, a definição de SIG e sua composição são:

Consideramos um Sistema de Informações Geográficas (SIG) como um conjunto de ferramentas para manipulação de informações espacialmente distribuídas, como foco na análise e exibição desses dados, ou seja, esse tipo de sistema possibilita que análises espaciais variadas possam ser realizadas a partir do conhecimento da localização e dos atributos de objetos diversos.

Os SIG são compostos por programas específicos e desenvolvidos para essa aplicação, utiliza dados geográficos e recursos humanos habilitados para realizar consultas espaciais sobre esses dados. Os dados brutos estão associados à sua localização na superfície terrestre num determinado instante, necessitando ser modelados antes do seu emprego num SIG. Dessa forma, o relevo, a hidrografia, os eixos viários, entre outros dados devem ser formatados para formarem um único padrão e poderem ser analisados. Estas análises permitem manter, extrair e recuperar informações com menor custo e maior velocidade quando comparadas com o emprego de cartas impressas. (BRASIL, 2018)

O trecho a seguir também aborda sobre a definição de SIG, evidenciando alguns benefícios do uso destes sistemas:

Em linhas gerais, um SIG pode ser descrito como um sistema de apoio à decisão que envolve um conjunto de funções automatizadas com capacidade de armazenamento, gestão, transformação e visualização de dados espacialmente referenciados. No que diz respeito à construção de modelos de análises quantitativas, os SIG são os sistemas mais bem equipados para o tratamento da informação espacial, permitindo o armazenamento, a manipulação, a recuperação e o gerenciamento de dados por meio do processamento digital. Essa é uma observação importante, pois ainda que seja possível o processamento de dados espaciais em meio analógico, a computação eletrônica redefiniu os SIG, caracterizando-o como uma tecnologia desenvolvida em *softwares* e *hardwares* de processamento de dados de informação geográfica. O potencial dessas tecnologias reside na estrutura de suporte à decisão e análise espacial, traduzindo o raciocínio do especialista quando esse faz referências aos fatos e elementos localizados no espaço. (FERREIRA et al, 2012)

3.1.3 QGIS

O *software Quantum GIS*, SIG de código fonte aberto, é um *software* capaz de realizar diversas tarefas como confeccionar mapas em 2D e 3D, utilizar diversos tipos de dados como raster e GPS, georreferenciar fotografias aéreas, utilizar dados de GPS bem como carregar mapas já feitos, como aqueles possuídos pelo BDGEX.

Segue abaixo um mapa confeccionado no QGIS:

Figura 1 - Carta 1:50.000 do Arquipélago dos Açores



Fonte: QGIS, 2023

3.1.4 Uso do QGIS no levantamento topográfico

Considerando que a finalidade do levantamento topográfico, conforme BRASIL (1986), é “o estabelecimento de uma trama comum que permita: concentrar o fogo, desencadear, de surpresa, tiros observados; desencadear tiros eficientes, sem observação transmitir dados de locação de alvos de uma para outra unidade.”, pode-se considerar que a utilização do QGIS pode contribuir para que o levantamento topográfico seja realizado utilizando diversas ferramentas que auxiliem e deem celeridade ao processo, por meio de GPS, cartas prontas e utilização de VANTs para obter fotografias aéreas que possam ser georreferenciadas.

O seguinte estudo, disponível no site oficial do QGIS, realizado por instituições de Portugal, como o Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), teve três objetivos fundamentais:

1. Levantamentos de campo com uso de GPS diferencial de forma a levantar as coordenadas dos sítios arqueológicos;
2. Construir um modelo de risco para identificar ameaças ao patrimônio paleontológico;
3. Montar uma base de dados para gerir toda esta informação e posteriormente iniciar a inventariação da coleção.

A seguir, as palavras do autor do estudo quanto ao projeto:

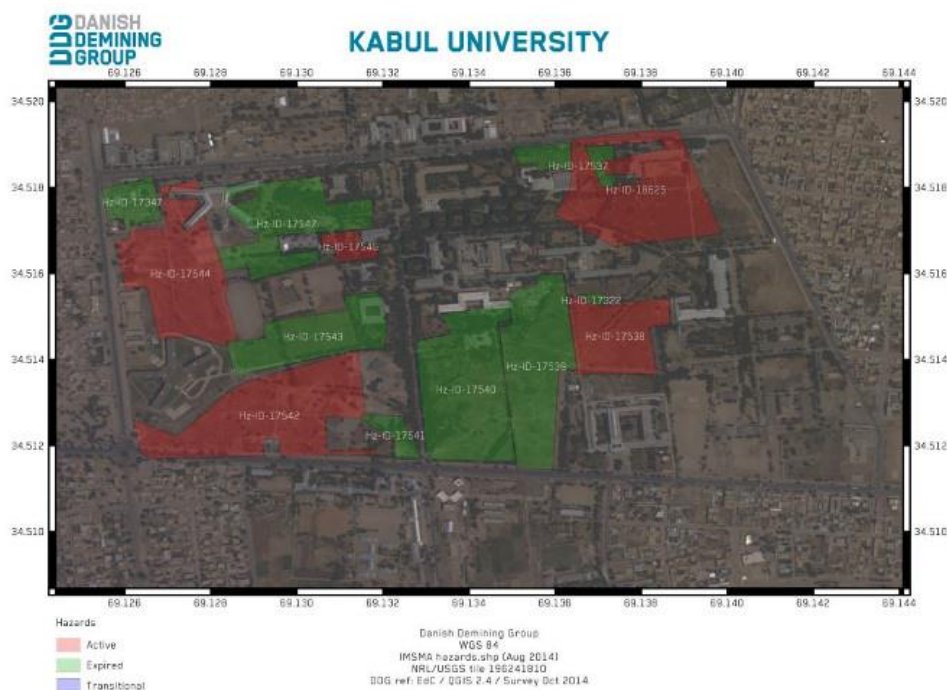
O QGIS foi a plataforma central de todo o projeto. Os dados de campo eram descarregados diretamente no QGIS e posteriormente editados e manipulados de modo a obter a informação final. A interface GRASS providenciada pelo QGIS permitiu-nos levar a cabo análises espaciais complexas sobre *rasters* e assim obter o modelo de risco que necessitávamos para planejar futuramente o trabalho de campo. Além disso, o QGIS também nos permitiu importar dados de uma base de dados PostGIS e visualizá-los no QGIS. (MANO, 2010, tradução nossa)

Compreende-se que o estudo foi realizado somente com o *software* QGIS e plugins disponíveis no mesmo, levando em conta a versatilidade do programa na tarefa de realizar variados trabalhos topográficos.

Outro estudo, também disponível no site oficial do QGIS, de um grupo dinamarquês de desminagem, foi realizado visando o levantamento topográfico e delimitação de áreas minadas em uma região de Kabul, Afeganistão. Segue um trecho dele:

O uso de dados geoespaciais é mais útil nas fases de planejamento e levantamento. No Afeganistão, os problemas de segurança e o terreno acidentado significam que a um novo levantamento físico de locais conhecidos nem sempre é fácil. Em vez disso, o uso de uma mistura de dados - imagens de satélite ou aéreas, mapas topográficos digitalizados da era soviética, *shapefiles* de risco e modelos digitais de elevação - permite que a Danish Demining Group (DDG) tenha uma ideia da localização de um campo minado em relação ao terreno e às características naturais e físicas circundantes antes de enviar uma equipe de levantamento. Os plugins do QGIS adicionam recursos úteis, como a capacidade de visualizar o terreno em 3D. A captura de tela anexa acima - feita usando o plugin Qgis2threejs - mostra uma área logo ao sul do Palácio Darulaman em Kabul, com campos minados ativos (ao longo das cristas à esquerda) mostrados em vermelho sobre uma camada de *raster* topográfico soviético. (CROWTHER,2014, tradução nossa)

Figura 2 - Foto da demarcação realizada pelo Danish Demining Group



FONTE: (CROWTHER, 2014)

3.2 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS E TÉCNICAS UTILIZADAS EM SIG PARA LEVANTAMENTO DE POSIÇÕES

3.2.1 Ferramentas utilizadas no QGIS para o levantamento topográfico

Vale ressaltar algumas ferramentas disponíveis pelo QGIS que podem ser utilizadas no levantamento topográfico da Artilharia de Mísseis e Foguetes, conforme o trecho a seguir, baseado em informações do site oficial do QGIS:

1. Suporte a dados raster e vetoriais: o *software* permite a importação de imagens de satélite e mapas vetoriais para a visualização de terrenos e estruturas em um ambiente georreferenciado.
2. Ferramentas de análise espacial: o QGIS oferece diversas ferramentas de análise espacial, como a criação de modelos digitais de elevação (MDE) e a análise de curvas de nível.
3. Plugins: existem diversos plugins disponíveis que permitem a integração do *software* com outras ferramentas, como GPS e dispositivos móveis, para coleta de dados de campo e posterior importação no QGIS.

4. Suporte à linguagem de programação Python: permite a criação de scripts personalizados para automatizar tarefas repetitivas e aumentar a eficiência do trabalho.
5. Exportação de mapas e dados em diversos formatos: o QGIS permite a exportação de mapas e dados em diversos formatos, como PDF, SVG, DWG, entre outros, facilitando a integração dos dados levantados com outras ferramentas utilizadas em operações militares.
6. Ferramenta de Georreferenciação, capaz de georreferenciar vetores e imagens.

Resumindo, o QGIS oferece diversas ferramentas úteis para levantamento topográfico em operações militares, desde a importação de dados até a criação de mapas e análises espaciais.

3.2.2 Técnicas utilizadas

O QGIS conta com uma gama de técnicas que podem ser utilizadas para realizar o levantamento topográfico, cabendo destacar algumas evidenciadas no site oficial do QGIS:

3.2.2.1 Cartas

As cartas topográficas são um dos principais recursos utilizados em operações militares para realização de levantamentos topográficos. De acordo com o *website* do QGIS, "as cartas topográficas são mapas em escala que apresentam informações detalhadas do terreno, tais como curvas de nível, hidrografia, vegetação, estradas, entre outras informações relevantes para o planejamento e execução de operações militares" (QGIS, 2021).

As cartas topográficas são produzidas por órgãos oficiais, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Exército Brasileiro, e podem ser adquiridas em papel ou em formato digital. No caso do formato digital, as cartas topográficas podem ser importadas para o QGIS, que permite sua visualização e manipulação.

Para a utilização das cartas topográficas no QGIS, é importante realizar o georreferenciamento destas, que consiste em associar as informações da carta a um

sistema de coordenadas geográficas. Isso pode ser feito utilizando-se pontos de apoio, que são pontos de referência no terreno cujas coordenadas são conhecidas.

Segundo o QGIS (2021), "o uso de cartas topográficas em conjunto com o QGIS permite a criação de mapas temáticos que auxiliam no planejamento e execução de operações militares, como mapas de declividade, mapas de hidrografia, mapas de vegetação, entre outros". Além disso, o *software* possibilita a sobreposição de diferentes camadas de informações, o que permite uma análise integrada e uma melhor compreensão do terreno.

Em resumo, a utilização de cartas topográficas em operações militares é uma prática comum e eficaz para a realização de levantamentos topográficos. Através do QGIS, é possível importar, visualizar e manipular essas cartas, permitindo a criação de mapas temáticos e a realização de análises integradas do terreno.

3.2.2.2 VANTs

A utilização de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) tem se tornado cada vez mais comum em operações militares para a realização de levantamentos topográficos. Segundo o site do QGIS, os VANTs podem ser equipados com câmeras fotográficas de alta resolução e sensores que permitem a obtenção de imagens aéreas de alta precisão, possibilitando a criação de modelos digitais de elevação do terreno e a geração de mapas topográficos precisos.

Além disso, o QGIS possui ferramentas que permitem a criação de ortofotos a partir das imagens obtidas pelos VANTs, o que possibilita a correção de distorções causadas pelo relevo e pela inclinação da câmera, gerando imagens georreferenciadas precisas para a realização de análises topográficas.

A utilização de VANTs para a realização de levantamentos topográficos em operações militares apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais, como a redução de riscos para os militares em campo, a maior rapidez na obtenção dos dados e a possibilidade de cobrir grandes áreas em um curto período de tempo.

Em resumo, a utilização de VANTs para a realização de levantamentos topográficos em operações militares pode ser uma opção eficiente e segura, permitindo a obtenção de dados precisos em um curto período de tempo.

3.2.2.3 Google Maps

A utilização do Google Maps no QGIS pode ser uma opção interessante para o levantamento topográfico em operações militares, pois pode-se aproveitar a facilidade de acesso e atualização de dados geográficos disponíveis na plataforma.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização do Google Maps pode apresentar limitações em termos de precisão e qualidade dos dados, conforme ressalta o site oficial do QGIS, portanto faz-se necessária a junção dos dados obtidos do Google Maps com outras fontes como fotografias aéreas e cartas do BDGEX.

Para utilizar o Google Maps no QGIS, é necessário adquirir uma chave de API do Google e seguir as instruções para integrá-la ao *software*. A plataforma também permite a utilização de plugins que facilitam a importação de dados do Google Maps, como o *QuickMapServices*.

Em resumo, a utilização do Google Maps no QGIS pode ser uma opção viável para o levantamento topográfico em operações militares, desde que sejam consideradas as limitações dos dados e que sejam integradas outras fontes de informação para garantir a precisão e confiabilidade das informações utilizadas.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO UTILIZANDO-SE *SOFTWARES* DE SIG

O levantamento topográfico é uma técnica fundamental para a compreensão do terreno em operações militares, sendo uma importante ferramenta para o planejamento tático e estratégico. O *software* QGIS é uma opção de código aberto para realizar o levantamento topográfico em operações militares, e pode ser utilizado para produzir mapas e informações relevantes para o planejamento de ações militares.

Para realizar um levantamento topográfico utilizando o *software* QGIS, é necessário seguir alguns procedimentos. Conforme o *website* oficial do QGIS, o primeiro passo é a definição dos pontos de apoio, que são os pontos de referência no terreno que serão utilizados para o georreferenciamento das informações. Esses pontos podem ser marcados com a utilização de um receptor GNSS (Sistema de Posicionamento Global por Satélite) ou através de equipamentos topográficos convencionais.

Após a definição dos pontos de apoio, é necessário coletar dados topográficos e imagens de satélite para a criação de um modelo digital de elevação. Segundo o *website* do QGIS, "a partir dessas informações, o QGIS é capaz de gerar curvas de nível que permitem uma visualização mais clara do terreno, bem como de realizar análises de declividade e de exposição solar, entre outras".

O próximo passo é a criação de um mapa temático, que pode ser personalizado de acordo com as necessidades do usuário. Conforme o *website* do QGIS, "o *software* oferece diversas ferramentas para a criação de mapas temáticos, como a inserção de informações de texto, imagens e gráficos, e a possibilidade de personalizar as cores e símbolos utilizados".

3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS, DESTACANDO AS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA UTILIZAÇÃO DO QGIS PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

3.4.1 Vantagens da utilização do QGIS para o levantamento topográfico

O levantamento topográfico é uma atividade essencial em operações militares, pois permite a obtenção de informações precisas e atualizadas do terreno em que as operações são realizadas. O *software* QGIS, por sua vez, é uma ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar no processo de levantamento topográfico, trazendo diversas vantagens para o contexto militar.

Foi realizado um estudo sobre a possível aplicação de SIG em operações militares, realizando um estudo de caso no uso do QGIS e do ArcGIS na delimitação e análise de uma área afetada pela cólera. Conforme este trabalho, uma das principais vantagens do uso de SIG, como o QGIS, para o levantamento topográfico em operações militares, é a possibilidade de eliminar custos de aquisição e manutenção de *software*, bem como promover acessibilidade ao programa. O próprio código-fonte e ferramentas do programa são disponibilizadas de forma gratuita, facilitando o uso do *software* pelo usuário. (HENRICO et al, 2020, tradução nossa)

Figura 3 – Uso do QGIS na análise do terreno

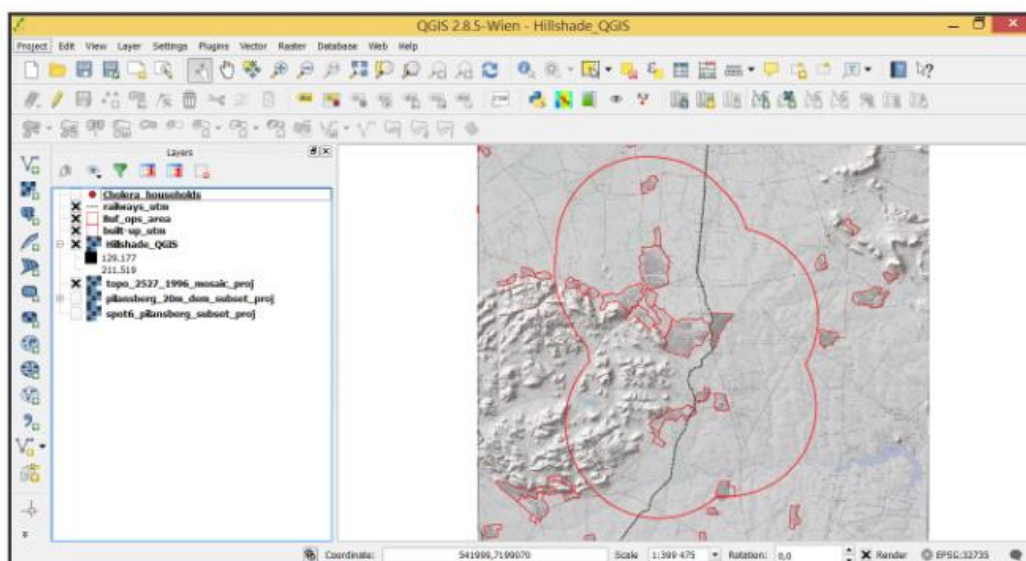


Figure 3: Terrain analysis – QGIS

Fonte: HENRICO et al, 2020

Ao QGIS também são atribuídas as seguintes vantagens no estudo acima mencionado:

1. Simplicidade de instalação
2. Facilidade de atualização
3. Intuitividade
4. Eficiência
5. Interface Gráfica do Utilizador agradável e fácil de navegar
6. Facilidade de remoção
7. Não há necessidade de utilização de *softwares* de terceiros
8. Facilidade de resolução de problemas técnicos

Em resumo, o uso do *software* QGIS traz diversas vantagens para o levantamento topográfico em operações militares, permitindo a integração de dados de diferentes fontes, análises espaciais precisas, trabalhos colaborativos e criação de mapas temáticos customizados. (HENRICO et al, 2020, tradução nossa)

Contribuindo ao tópico levantado acima, o advento da guerra moderna nos apresentou a evolução dos meios de busca de alvos, com o uso de VANT e Guerra Eletrônica (GE), promovendo um maior risco para as tropas em solo, como no caso a seguir:

Durante o ataque com mísseis das Forças Armadas da Ucrânia em Makeevka, na região de Donetsk, 63 soldados russos foram mortos", disse o

Ministério da Defesa da Rússia. De acordo com a pasta, as forças armadas ucranianas atacaram a localização dos militares das Forças Armadas Russas em Makeevka através do sistema lançador múltiplo de foguetes HIMARS, fornecido pelos EUA. Foi informado também que as forças de defesa aérea russas derrubaram dois dos seis projéteis lançados pela Ucrânia. Quatro mísseis atingiram o alvo. (BRASIL DE FATO, 2023)

Pode-se entender que a mera presença de tropas já é um risco para as operações em si, fazendo necessária a cautela com o emprego de militares em campo. Uma forma de mitigar esse risco é a capacidade de realizar o levantamento de posições remotamente, por meio de cartas de banco de dados, VANTs e o emprego desses meios em conjunto.

Em face da necessidade de reduzir os efetivos em solo, expostos à ação da Busca de Alvos, a utilização de meios remotos seria uma solução para este problema. Tomando pauta desta necessidade, a utilização de SIG para a realização do levantamento topográfico reduz a exposição de nossas tropas bem como melhora o processo de decisão, utilizando-se de ferramentas como a modelação do terreno em 3D.

3.4.2 Desvantagens da utilização do QGIS para o levantamento topográfico

Por fim, é importante ressaltar que a realização de um levantamento topográfico utilizando o QGIS exige conhecimentos técnicos adequados. Conforme o *website* do QGIS, "é fundamental que os usuários possuam uma capacitação técnica adequada para a utilização do *software*, bem como equipamentos de georreferenciamento e infraestrutura de comunicação e energia para a realização do levantamento". (QGIS,2023)

Portanto, para a realização de um levantamento topográfico utilizando o *software* QGIS, é necessário seguir os procedimentos de definição dos pontos de apoio, coleta de dados topográficos e imagens de satélite, criação de um modelo digital de elevação, geração de curvas de nível e criação de um mapa temático personalizado, além de possuir conhecimentos técnicos adequados e os equipamentos necessários para a realização do levantamento.

Outra dificuldade do uso de um SIG livre, como o QGIS, conforme HENRICO, é a própria resistência dos militares ao progresso, conforme o trecho a seguir:

No entanto, em comunidades militares, parece existir a percepção de que os GIS de código aberto não são suficientemente amigáveis ao usuário nem

maduros o suficiente para serem usados em operações militares. Essa percepção é baseada em discussões com colegas e muitos anos de experiência em um ambiente de força de defesa, onde a proposta de introduzir um GIS de código aberto encontrou hesitação e até resistência. O objetivo deste artigo é demonstrar o uso de um produto de GIS de código aberto como uma alternativa viável em operações militares. (HENRICO et al, 2020, tradução nossa)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente TCC teve como objetivo responder a seguinte pergunta: O uso de SIG, mais especificamente o programa QGIS, é mais eficiente do que utilizar somente as técnicas de levantamento topográfico convencional no contexto do Sistema de Mísseis e Foguetes?

Com o intuito de responder à pergunta acima, esta pesquisa apresentou os fundamentos teóricos do levantamento topográfico, SIG, QGIS e sua utilização no levantamento topográfico da Artilharia de Mísseis e Foguetes do Exército Brasileiro. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas citados acima, seguida pela identificação e avaliação das principais ferramentas e técnicas utilizadas no QGIS para levantamento de posições.

Foi possível compreender que o QGIS possui um conjunto de ferramentas para manipulação de informações espacialmente distribuídas, cujo foco é a análise e exibição desses dados. O programa é um *software* livre e gratuito, amplamente utilizado em todo o mundo para análise geoespacial, que oferece diversas ferramentas úteis para o levantamento topográfico em operações militares, desde a importação de dados até a criação de mapas e análises espaciais.

Além disso, destaca-se a importância das cartas topográficas como um dos principais recursos utilizados em operações militares para realização de levantamentos topográficos. O QGIS permite a importação dessas cartas para visualização do terreno e estruturas em um ambiente georreferenciado, o que auxilia a identificação de locais estratégicos para o posicionamento das unidades de mísseis e foguetes.

Outro destaque é a possível utilização de VANT para capturar fotografias aéreas e posterior uso do QGIS para georreferenciar essas imagens, capacitando os Grupos de Reconhecimento de utilizar meios não tripulados e remotos para realizar o levantamento topográfico, reduzindo o risco à nossa tropa bem como poupando tempo pela redução do trabalho em campo. Uma das soluções “imediatas” para a ausência de tais meios no Cmdo Art Ex é o pedido de cooperação de outras OM, com o empréstimo dos meios necessários, como exemplo VANT, e capacitação do efetivo por meio de Estágios para a operação de tal material.

Outras ferramentas que se mostraram úteis foram as análises espaciais, como a criação de modelos digitais de elevação e a análise de curvas de nível, além dos

plugins disponíveis que permitem a integração do *software* com outras ferramentas, como GPS e dispositivos móveis, para coleta de dados de campo e posterior importação no QGIS. A análise do terreno em modelos 3D georreferenciados possibilitam uma gama de novas opções, como a análise e melhor escolha das áreas previstas para reconhecimento, escolha e ocupação. A capacidade de analisar previamente o terreno modelado em 3D proporciona uma melhor opinião quanto aos fatores de decisão para escolha de posição.

Uma das únicas limitações da utilização do programa pode ser resolvida pela formalização dos Estágios para capacitação de pessoal na utilização do QGIS, atualmente realizados pelo DSG/CGEO. A capacitação dos militares responsáveis pelo levantamento topográfico na utilização do QGIS promoverá mais rapidez e eficácia no reconhecimento, bem como auxiliará a tomada da decisão por meio da capacidade de modelar em 3D os espaços a serem ocupados pelo GMF, aperfeiçoando o processo decisório e aumentando o êxito nas operações, multiplicando assim o poder de combate no âmbito do apoio de fogo. Uma possível pesquisa a ser realizada no futuro seria a utilização dos SIG para auxiliarem no processo decisório no âmbito dos GMF.

Assim, é possível concluir que o uso do QGIS no levantamento topográfico da Artilharia de Mísseis e Foguetes pode contribuir para a otimização do processo, permitindo a realização de análises espaciais variadas a partir do conhecimento da localização e dos atributos de objetos diversos. Dessa forma, a utilização do QGIS pode tornar os levantamentos topográficos mais precisos, rápidos e eficientes quando comparados ao método convencional, auxiliando as unidades militares a planejar e executar suas operações com maior segurança, eficácia e economia.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Caderno de Instrução de Geoinformação** – EB80-CI-72.001 – 1ª Edição. Brasília, 2018.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. MINISTÉRIO DA DEFESA, C 6-199/1: **O levantamento topográfico eletrônico**. 1ª ed. Brasília, 2005.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. MINISTÉRIO DA DEFESA, C 6-199: **Topografia do Artilheiro**. 3ª ed. Brasília: EGGCF, 1986.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. MINISTÉRIO DA DEFESA, **EB70-MC-10.363 GMF**, Edição Experimental. Brasília. 2021.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.
- CROWTHER, Edward. **Danish Demining Group using QGIS in Afghanistan**. QGIS, 2014. Disponível em: https://qgis.org/en/site/about/case_studies/afghanistan.html. Acesso em: 09 mai 2023.
- FERREIRA, Ricardo V.; RAFFO, Jorge da G. **O uso dos sistemas de informação geográfica (sig) no estudo da acessibilidade física aos serviços de saúde pela população rural: revisão da literatura**. Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/17743>. Acesso em: 09 mai 2023.
- FRANÇA, Júnia Lessa. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. 7. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002
- HENRICO, Susan; COETZEE, Serena; Cooper, Antony. **Is open source GIS feasible in military operations? Evaluation by applying a use case**. Sabinet, 2020. Disponível em: <https://journals.co.za/doi/abs/10.5787/48-1-1259>. Acesso em: 09 mai 2023.
- MANO, André da Silva. **QGIS e GRASS aplicados à gestão paleontológica na costa Oeste de Portugal**. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/about/case_studies/portugal_torres.html?highlight=army. Acesso em: 09 mai 2023.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/. Acesso em: 08 mai. 2023.