

Aplicabilidade da geoinformação digital na proteção de estruturas estratégicas terrestres

Applicability of digital geoinformation to the protection of strategic land-based structures

Aplicabilidad de la geoinformación digital en la protección de estructuras estratégicas terrestres

Applicabilité de la géoinformation numérique à la protection des structures stratégiques terrestres

Data de submissão: 12 de fevereiro de 2026

Data de aprovação: 6 de maio de 2026

*Edson Tadeu da Silva Pinto**

*Felipe de Carvalho Diniz***

*Stefano Sampaio Suraci****

Resumo

Diante do impacto da vulnerabilidade de infraestruturas críticas sobre a segurança e a soberania do Estado, este artigo buscou mensurar a percepção de militares quanto ao potencial de aplicação da Geoinformação digital, notadamente modelos tridimensionais (3D) e imagens panorâmicas 360°, em operações de proteção de estruturas estratégicas terrestres pelo Exército Brasileiro (EB). Buscou-se ainda identificar outras informações relevantes, como feições de interesse a serem mapeadas e funcionalidades desejáveis para a plataforma responsável pela visualização e disseminação de Geoinformação. Foi aplicado um

* Capitão do Exército Brasileiro, do Quadro de Engenheiros Militares (QEM) na especialidade Engenharia Cartográfica. Formado pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2016 e pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) em 2024. Atualmente é Adjunto da Divisão de Geoinformação no 1º Centro de Geoinformação, em Porto Alegre/RS.

** Major do Exército Brasileiro, do Quadro de Engenheiros Militares (QEM) na especialidade Engenharia Cartográfica. Formado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) em 2010. Mestre em Geoinformática pela Universidade de Twente (ITC), Países Baixos. Atualmente é Chefe da Divisão de Geoinformação no 1º Centro de Geoinformação, em Porto Alegre/RS.

*** Tenente-Coronel do Exército Brasileiro. Engenheiro cartógrafo. Doutor em Engenharia de Defesa pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Atualmente é professor da Seção de Engenharia Cartográfica e Chefe da Seção de Engenharia de Defesa do IME.

questionário a 50 militares das áreas de operações e inteligência, em sua maioria com experiência em proteção de estruturas estratégicas. Os resultados evidenciam convergência quanto à alta relevância da Geoinformação nessas atividades, em especial para o aprimoramento do reconhecimento prévio, a padronização da percepção do terreno, o apoio ao planejamento operacional e a economia de recursos. Modelos 3D e imagens 360° foram avaliados como especialmente úteis para *briefings*, análise de vulnerabilidades e definição de posições defensivas. Também foram apontados desafios à disponibilização da Geoinformação, como limitações de conectividade, segurança da informação e necessidade de capacitação. Conclui-se, com base nas percepções dos participantes, que tais tecnologias representam instrumentos promissores para elevar a eficiência das operações de proteção, alinhando-se às diretrizes de modernização institucional.

Palavras-chave: geoinformação digital; estruturas estratégicas; modelos tridimensionais; imagens panorâmicas 360°; planejamento operacional.

Abstract

Given the impact that the vulnerability of critical infrastructure can have on state security and sovereignty, this article assesses military personnel's perceptions of the potential of digital geoinformation – particularly three-dimensional (3D) models and 360-degree panoramic imagery – for operations aimed at protecting strategic land-based infrastructure carried out by the Brazilian Army (EB). The study also identifies other relevant aspects, including features considered important for mapping and desired functionalities of the platform used to visualize and share geoinformation. A questionnaire was administered to 50 military personnel working in operations and intelligence, most of whom had experience in the protection of strategic infrastructure. The results show broad consensus on the relevance of digital geoinformation for such activities, especially in improving preliminary reconnaissance, standardizing terrain assessment, supporting operational planning, and reducing logistical demands. Participants rated 3D models and 360° imagery as particularly useful for troop briefings, vulnerability analysis, and the definition of defensive positions. Challenges related to the provision of geoinformation were also identified, including connectivity limitations, information security concerns, and the need for capacity building. Based on participants' perceptions, the study concludes that these technologies are promising tools for enhancing the efficiency of protection operations, in line with institutional modernization guidelines.

Keywords: digital geoinformation; strategic infrastructure; three-dimensional models; 360-degree panoramic imagery; operational planning.

Resumen

Ante el impacto de la vulnerabilidad de las infraestructuras críticas sobre la seguridad y la soberanía del Estado, este artículo se propuso medir la percepción del personal militar respecto del potencial de aplicación de la geoinformación digital – en particular, los modelos tridimensionales (3D) y las imágenes panorámicas de 360° – en operaciones de protección de estructuras estratégicas terrestres por parte del Ejército Brasileño (EB). Asimismo, se buscó identificar otra información relevante, como los elementos de interés que deben cartografiarse y las funcionalidades deseables de la plataforma responsable de la visualización y difusión de la geoinformación. Se aplicó un cuestionario a 50 militares de las áreas de operaciones e inteligencia, en su mayoría con experiencia en la protección de estructuras estratégicas. Los resultados evidencian convergencia en cuanto a la alta relevancia de la geoinformación en estas actividades, especialmente para el perfeccionamiento del reconocimiento previo, la estandarización de la percepción del terreno, el apoyo a la planificación operacional y el ahorro de recursos. Los modelos 3D y las imágenes de 360° fueron evaluados como especialmente útiles para *briefings*, análisis de vulnerabilidades y definición de posiciones defensivas. También se señalaron desafíos para la disponibilidad de la geoinformación, como limitaciones de conectividad, seguridad de la información y necesidad de capacitación. Se concluyó, con base en las percepciones de los participantes, que tales tecnologías representan herramientas prometedoras para elevar la eficiencia de las operaciones de protección, en consonancia con las directrices de modernización institucional.

Palabras-clave: geoinformación digital; estructuras estratégicas terrestres; modelos tridimensionales; imágenes panorámicas de 360°; planificación operacional.

Résumé

Compte tenu de l'impact de la vulnérabilité des infrastructures critiques sur la sécurité et la souveraineté de l'État, cet article a cherché à mesurer la perception des militaires quant au potentiel d'application de la géoinformation numérique — notamment les modèles tridimensionnels (3D) et les images panoramiques à 360° — dans les opérations de protection des structures stratégiques terrestres menées par l'Armée brésilienne (EB). L'étude a également cherché à identifier d'autres informations pertinentes, telles que les éléments

d'intérêt à cartographier et les fonctionnalités souhaitables de la plateforme chargée de la visualisation et de la diffusion de la géoinformation. Un questionnaire a été administré à 50 militaires des domaines des opérations et du renseignement, dont la majorité possédait une expérience dans la protection des structures stratégiques. Les résultats mettent en évidence une convergence quant à la grande pertinence de la géoinformation dans ces activités, notamment pour l'amélioration de la reconnaissance préalable, la standardisation de la perception du terrain, l'appui à la planification opérationnelle et l'économie de ressources. Les modèles 3D et les images à 360° ont été évalués comme particulièrement utiles pour les *briefings*, l'analyse des vulnérabilités et la définition des positions défensives. Des défis liés à la mise à disposition de la géoinformation ont également été relevés, tels que les limitations de connectivité, la sécurité de l'information et le besoin de formation. Il a été conclu, sur la base des perceptions des participants, que ces technologies représentent des outils prometteurs pour accroître l'efficacité des opérations de protection, en s'inscrivant dans les orientations de modernisation institutionnelle.

Mots-clés: géoinformation numérique ; structures stratégiques ; modèles tridimensionnels ; images panoramiques à 360° ; planification opérationnelle.

1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos cenários de atuação das Forças Armadas, especialmente em contextos de crise, grandes eventos e ameaças híbridas, tem ressaltado a necessidade de proteger infraestruturas estratégicas nacionais. Estruturas como usinas hidrelétricas, pontes, aeroportos, redes de telecomunicação, subestações de energia e instalações governamentais constituem ativos sensíveis, cuja vulnerabilidade pode comprometer a segurança e a soberania do Estado, sendo alvos vantajosos para forças adversas. Em conflitos armados recentes, como a Guerra da Ucrânia, ataques a infraestruturas estratégicas têm sido bastante explorados, com grande repercussão na mídia internacional, conforme exemplificado por Popeski e Hunder (2025). Nessa conjuntura, destaca-se a importância da atuação do Exército Brasileiro (EB) na defesa desses ativos, em consonância com o previsto no artigo 142 da Constituição Federal (Brasil, 1988), que atribui às Forças Armadas a defesa da Pátria e, por iniciativa dos poderes constitucionais, a garantia da lei e da ordem (GLO).

O avanço das tecnologias de Geoinformação tem ampliado as possibilidades de apoio ao planejamento e à execução de operações militares.

Ferramentas como modelos tridimensionais (3D), imagens panorâmicas 360° e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem maior conhecimento do terreno, simulações operacionais e suporte à tomada de decisão em diferentes níveis hierárquicos. Nesse contexto, a plataforma *EBGeo Web*, em desenvolvimento pelo EB, representa um ambiente promissor para a integração e disseminação de produtos geoespaciais.

Apesar das potencialidades dessas tecnologias, ainda são limitadas as análises sobre sua aplicação direta na proteção de infraestruturas estratégicas terrestres. A lacuna científica e operacional existente justifica a necessidade de investigar em que medida a Geoinformação digital pode contribuir para o aprimoramento das capacidades de defesa, ampliando a consciência situacional e a eficiência do planejamento operacional.

Diante disso, esta pesquisa teve o objetivo de mensurar e analisar a percepção de aplicabilidade da Geoinformação digital no planejamento e execução de operações de proteção de estruturas estratégicas terrestres, com ênfase no uso de modelos tridimensionais e imagens panorâmicas 360°. Buscou-se ainda identificar informações relevantes para a integração desses recursos à plataforma *EBGeo Web*. Entre elas, destacam-se os tipos de estruturas que mais se beneficiam dessas tecnologias, as feições de interesse a serem mapeadas e as funcionalidades desejáveis para a plataforma, com base nas percepções de seus usuários finais.

Para tanto, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, com coleta de dados realizada por meio de questionário estruturado aplicado a militares com experiência nas áreas de operações e inteligência, sendo os dados tratados mediante técnica de análise de conteúdo temática.

Com isso, este trabalho insere-se no esforço institucional de modernização tecnológica e doutrinária do EB, alinhando-se às diretrizes da *Estratégia Nacional de Defesa* (Brasil, 2025) e à Estratégia 6.3 do *Plano Estratégico do Exército* (PEEx) 2024–2027 (Brasil, 2023a), que busca ampliar as capacidades de produção e disseminação de Geoinformação. Ao integrar tecnologia com planejamento militar, espera-se facilitar as operações de proteção de ativos críticos nacionais, oferecendo subsídios práticos à tomada de decisão e reduzindo vulnerabilidades operacionais.

Este artigo está organizado em seis seções. A seção 1 trata da introdução ao problema de pesquisa e sua importância no contexto de Defesa Nacional. O referencial conceitual é visto na seção 2. A seção 3 apresenta uma visão macro da metodologia, a seção 4 mostra os

resultados obtidos e a seção 5 a respectiva discussão. Por fim, a seção 6 traz as considerações finais.

2 REFERENCIAL CONCEITUAL

Esta seção contempla os principais conceitos e doutrinas que sustentam a compreensão do problema de pesquisa. São abordados o conceito e a relevância das infraestruturas estratégicas, os fundamentos da Geoinformação digital no contexto militar e os sistemas de apoio à decisão baseados em modelos tridimensionais (3D) e imagens panorâmicas 360°.

2.1 INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS E ESTRATÉGICAS

O conceito de infraestruturas críticas abrange ativos, sistemas e redes cuja interrupção ou destruição pode comprometer gravemente a segurança, a economia, a saúde pública ou a estabilidade social de um país. Tal concepção está formalizada na *Estratégia Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas* (Brasil, 2020) e no *Plano Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas* (Brasil, 2022), ambos sob a coordenação do Ministério da Defesa.

Entre as infraestruturas críticas, incluem-se usinas hidrelétricas, subestações de energia, sistemas de telecomunicações, redes de transporte (ferrovias, rodovias e pontes), instalações militares e centros logísticos de suprimentos. Conforme previsto em Brasil (2025), tais ativos demandam atenção específica no planejamento de ações militares, de segurança pública e de resposta a crises.

2.2 GEOINFORMAÇÃO DIGITAL NO CONTEXTO MILITAR

A Geoinformação digital compreende o conjunto de dados espaciais estruturados em meio digital, acompanhados de atributos que descrevem o território e seus elementos físicos ou construídos. No âmbito militar, seu emprego tradicionalmente abrange a cartografia de campanha, o planejamento logístico, o reconhecimento e a simulação de operações. Em manifestação sobre a Guerra do Golfo Pérsico (1990-1991), Clarke (1992) enfatiza que sistemas cartográficos de alta tecnologia são essenciais, pois desempenharam papel central na condução das manobras militares do conflito. Prosseguindo para os dias atuais, Marit (2023) aborda a crescente importância destes sistemas para o planejamento de operações militares.

A literatura militar recente evidencia um interesse crescente na aplicação de sistemas de Geoinformação voltados à defesa e à inteligência. Segundo Netto (2018), a incorporação de novas ferramentas de Geoinformação tem ampliado significativamente as possibilidades de análise e visualização do ambiente operacional, mesmo para usuários não especializados. A expansão das geotecnologias, associada ao aumento da capacidade de coleta, processamento e compartilhamento de dados geoespaciais, vem transformando a maneira como o EB utiliza a Geoinformação, permitindo representações interativas do terreno com maior profundidade analítica.

Tintori (2019) reforça esse panorama ao destacar que os SIG se consolidaram como instrumentos essenciais para a análise da situação do terreno, especialmente na fase de estudo do ambiente operacional, contribuindo para a construção de cenários e para a definição de linhas de ação. Dresch (2022), por sua vez, comparou a aplicabilidade da carta topográfica e da carta ortoimagem no planejamento de operações, demonstrando que ambas se complementam: enquanto a carta topográfica destaca vias, hidrografia e estruturas, a ortoimagem oferece maior rapidez de produção e representação realista do terreno.

Nesse mesmo sentido, Santos (2024) amplia essa discussão ao apresentar a Geoinformação temática como instrumento relevante para diferentes níveis de assessoria e planejamento, inclusive no apoio à alta administração militar. A produção de mapas temáticos, camadas informativas específicas e modelos geográficos detalhados contribui para aprimorar a compreensão do terreno e do inimigo, favorecendo a alocação eficiente de recursos e melhoria da consciência situacional.

2.3 MODELOS TRIDIMENSIONAIS E IMAGENS PANORÂMICAS

A evolução das tecnologias de coleta e visualização de dados geoespaciais tem viabilizado a geração de modelos tridimensionais (3D) e imagens panorâmicas 360°, que ampliam significativamente a percepção espacial do terreno e das estruturas. Esses recursos possibilitam simulações, planejamento e ensaios operacionais baseados em representações digitais com elevado grau de realismo, aproximando o ambiente virtual da realidade física.

Os modelos 3D, como o apresentado na Figura 1, que representa a fachada do 1º Batalhão Ferroviário – Lages/SC, são produzidos por técnicas de fotogrametria a partir de imagens capturadas por Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) e destacam-

se pela capacidade de representar, com acurácia, áreas urbanas, instalações críticas e zonas de operação.

Figura 1 – Modelo 3D da fachada do 1º Batalhão Ferroviário, Lages - SC



Fonte: EBGeo Web.

Já as imagens panorâmicas 360°, como a da Figura 2, obtidas por câmeras omnidirecionais, oferecem uma visualização imersiva do ambiente, ampliando a consciência situacional e favorecendo o reconhecimento prévio de áreas sensíveis.

Figura 2 – Imagem 360° do Campo de Instrução do 29º Grupo de Artilharia de Campanha



Fonte: EBGeo Web.

No cenário internacional, estudos sobre modelagem tridimensional e sensoriamento remoto têm demonstrado o valor das reconstruções digitais realistas para fins operacionais e de planejamento (Biljecki *et al.*, 2015). As imagens panorâmicas 360°, em especial, ampliam

a consciência situacional em tempo real, podendo apoiar significativamente as ações de proteção e reconhecimento de infraestruturas críticas.

No contexto nacional, essas ferramentas têm sido associadas a conceitos de simulação tática virtual, como discutido por Martins (2022), que analisou o emprego de mesas táticas no ensino de artilharia antiaérea. O autor demonstra que tais recursos aumentam a imersão no processo de tomada de decisão e aprimoram a compreensão do espaço de manobra em ambientes tridimensionais. No contexto operacional, a utilização de modelos 3D e imagens 360° contribui para o preparo de tropas que ainda não conhecem o terreno de atuação, antecipando o reconhecimento do ambiente e reduzindo incertezas. Ainda assim, o reconhecimento físico do terreno permanece indispensável, conforme previsto em documentos doutrinários como o *Manual de Campanha de Estado-Maior e Ordens* (Brasil, 2003).

2.4 PLATAFORMAS DE GEOVISUALIZAÇÃO E DISSEMINAÇÃO

A visualização e a disseminação da Geoinformação requerem plataformas capazes de assegurar o acesso rápido, seguro e compartilhado a dados geoespaciais. Dentre as ferramentas disponíveis no contexto nacional, destaca-se a plataforma *EBGeo Web*, em desenvolvimento pelo 1º Centro de Geoinformação (1º CGEO), sediado em Porto Alegre (RS) e subordinado à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG). Essa plataforma, acessada por meio da rede corporativa *EBNet*, constitui um ambiente de visualização geoespacial que integra dados vetoriais, matriciais e tridimensionais, oferecendo suporte potencial às atividades de planejamento operacional e à tomada de decisão militar.

As funcionalidades do *EBGeo Web* — como a incorporação de modelos tridimensionais (3D) e imagens panorâmicas 360° — apresentam elevado potencial de aplicação em operações de proteção de estruturas estratégicas e em outros contextos sensíveis, nos quais a consciência situacional e o planejamento com enfoque na componente geoespacial constituem fatores determinantes para o sucesso das ações militares. O modelo 3D da Figura 1 e a imagem 360° da Figura 2, por exemplo, foram extraídos do *EBGeo Web*.

3 METODOLOGIA

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, voltada à compreensão das percepções e experiências de militares acerca do uso da Geoinformação

digital na proteção de estruturas estratégicas terrestres. Para a coleta de dados, foi elaborado um questionário estruturado com perguntas fechadas e abertas, aplicado de forma eletrônica por meio da plataforma *Google Forms*. O instrumento reuniu, em especial, informações sobre o nível de familiaridade dos participantes com modelos tridimensionais (3D) e imagens panorâmicas 360°, bem como suas percepções quanto à aplicabilidade dessas tecnologias no contexto operacional do EB.

O universo da pesquisa foi composto por militares da ativa do EB, com ênfase naqueles envolvidos em atividades de planejamento operacional e de inteligência, bem como por oficiais que já participaram de operações relacionadas à proteção de infraestruturas estratégicas. A amostra incluiu oficiais e sargentos das seções de operações (E3) e inteligência (E2) do Comando Militar do Sul (CMS), além de capitães-alunos da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) da Linha de Ensino Militar Bélico (LEMB), turma de 2025. A seleção dos participantes foi conduzida de forma intencional (não probabilística), com o apoio institucional do 1º CGEO em articulação com o CMS, garantindo a participação de respondentes com experiência operacional relevante ao objeto de estudo.

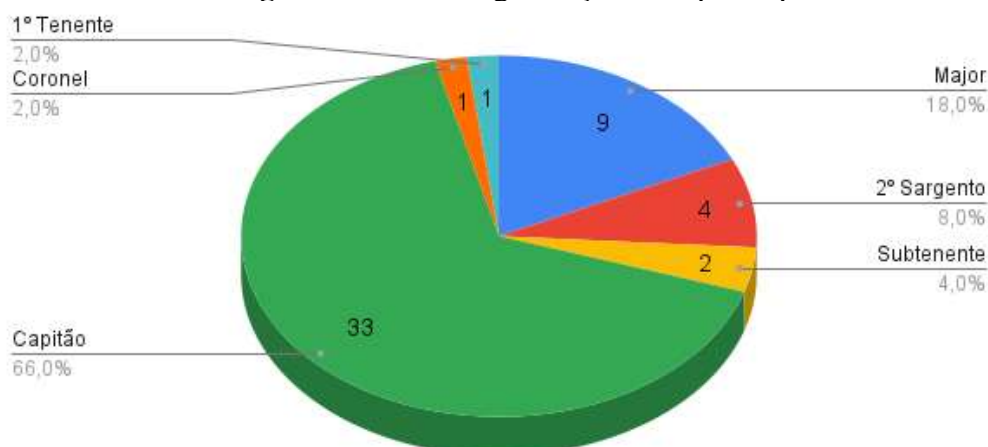
As informações qualitativas coletadas por meio dos questionários foram analisadas segundo a técnica de análise de conteúdo temática, fundamentada em Bardin (2016). Essa abordagem possibilitou a extração de unidades de sentido, agrupadas em categorias analíticas representativas dos principais temas emergentes na percepção dos participantes sobre a aplicação da Geoinformação digital.

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta as respostas obtidas por meio do questionário aplicado, com o objetivo de identificar suas percepções acerca do uso da Geoinformação digital — especialmente de modelos tridimensionais (3D) e imagens em 360° — na proteção de estruturas estratégicas. Foram identificadas também outras informações relevantes para a visualização e disseminação de Geoinformação nesse contexto.

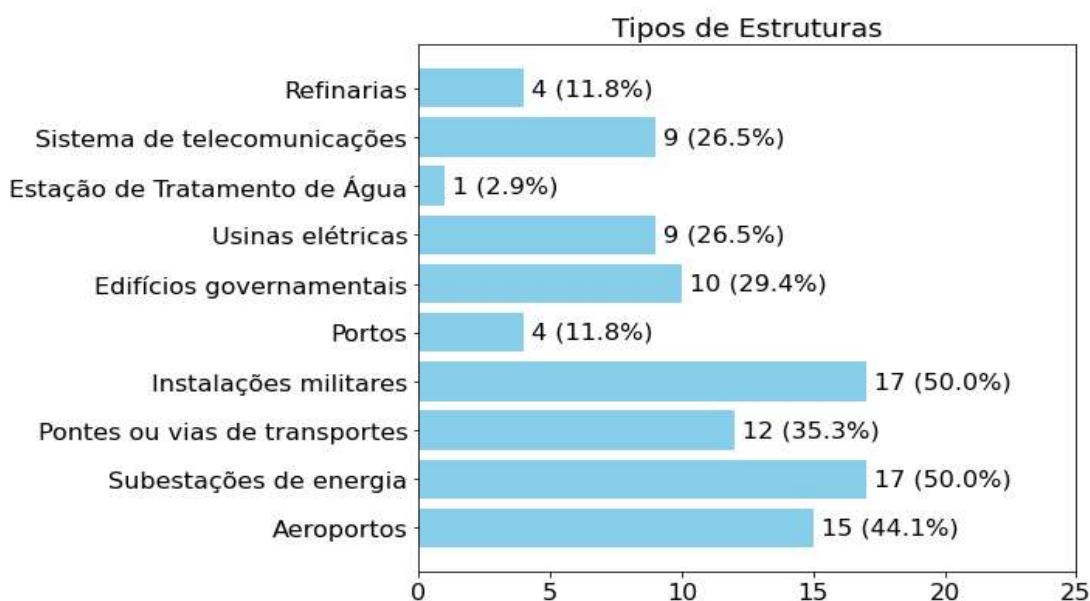
4.1 PERFIL DOS PARTICIPANTES

Participaram da pesquisa 50 oficiais e praças de diferentes postos e graduações, conforme se observa no gráfico da Figura 3. A diversidade de experiência contribuiu para uma análise abrangente da realidade da Força.

Figura 3 – Postos e graduações dos participantes

Fonte: os autores.

Dentre os participantes, 34 deles (68%) afirmaram já ter participado de missões relacionadas à proteção de estruturas críticas e estratégicas, seja em operações GLO, eventos especiais, operações de inteligência ou simulações/exercícios. No universo considerado, o gráfico da Figura 4 evidencia quais os tipos de estruturas protegidas, com destaque para instalações militares e subestações de energia, para as quais metade dos respondentes afirmaram já ter atuado em operações de proteção; e para aeroportos e pontes ou vias de transporte, com 44,1% e 35,3% dos participantes, respectivamente.

Figura 4 – Tipos de estruturas envolvidas em operação de proteção pelos participantes

Fonte: os autores.

4.2 IMPORTÂNCIA DA GEOINFORMAÇÃO

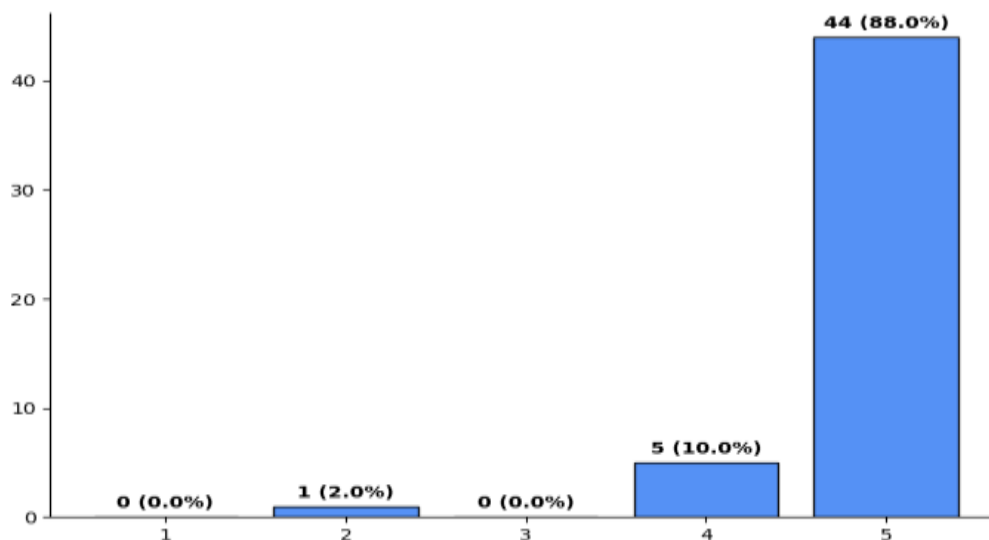
Ao avaliar a importância da Geoinformação, constatou-se unanimidade entre os militares participantes de que os modelos tridimensionais e as imagens panorâmicas em 360° constituem ferramentas altamente úteis no assessoramento à tomada de decisão. Entre os principais benefícios mencionados destacam-se:

- O aprimoramento da consciência situacional de comandantes e tropas, favorecendo uma compreensão mais acurada do ambiente operacional;
- A padronização da percepção do terreno entre os envolvidos, promovendo uma linguagem comum e reduzindo ambiguidades no planejamento;
- O apoio ao planejamento operacional e estratégico, incluindo a definição de posições defensivas, áreas de vigilância, postos de observação e pontos críticos de proteção;
- A economia de recursos – como tempo, deslocamento e combustível – ao possibilitar o reconhecimento prévio à distância; e
- A integração com procedimentos doutrinários, notadamente o *Processo de Integração do Terreno, Condições Meteorológicas e Considerações Cívicas*.

Alguns militares ressaltaram que o uso dessas ferramentas poderia, em determinadas situações, substituir ou reduzir a necessidade de reconhecimento *in loco*, embora sem prescindir dele em contextos críticos. Outros apontaram que, além da utilidade, é necessário atentar para as restrições de acesso a esses tipos de produtos, evitando que também beneficiem forças adversas.

Ao avaliarem objetivamente a importância da Geoinformação para operações de proteção às estruturas estratégicas, em uma escala de “1” a “5”, na qual “1” significaria “irrelevante” e “5” significaria “altíssima importância”, 88% dos participantes atribuíram nota máxima (5), considerando de altíssima importância o conhecimento das estruturas por meio da Geoinformação, conforme o gráfico da Figura 5. Observa-se, ainda, que nenhum participante indicou que essa tecnologia fosse irrelevante.

Figura 5 – Percepção da importância da Geoinformação na proteção de estruturas estratégicas numa escala de 1 a 5

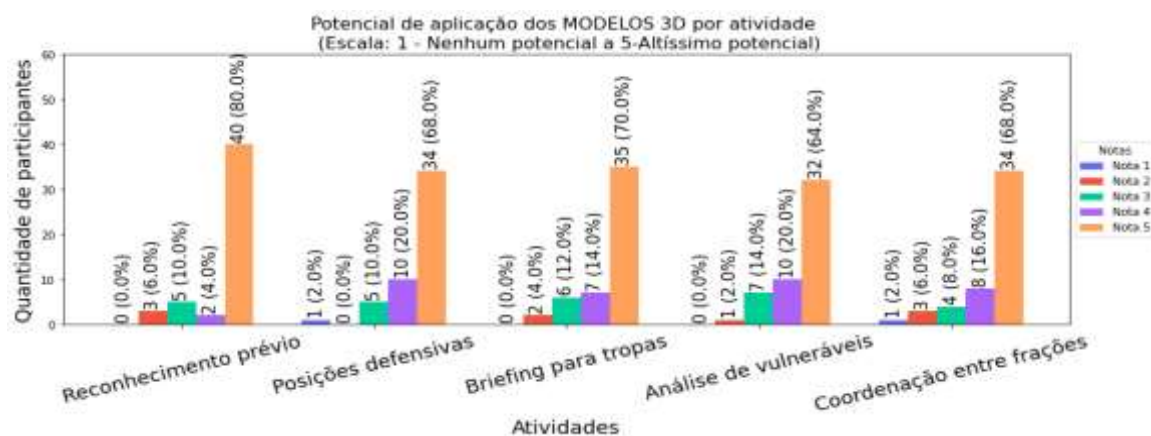


Fonte: os autores.

4.3 MODELOS 3D E IMAGENS 360°

Na avaliação da percepção dos participantes quanto ao potencial de aplicação dos modelos 3D virtuais nas atividades de proteção numa escala de “1” a “5”, na qual “1” significaria “nenhum potencial” e “5” significaria “altíssimo potencial”, observou-se, conforme gráfico da Figura 6, a predominância de notas “4” e “5”, totalizando estas mais de 80% das menções em todas as atividades de proteção. Nota-se, ainda, maior destaque para as atividades de Reconhecimento Prévio e *Briefing* para as Tropas. Também foram avaliadas as atividades de Posições Defensivas, Análise de Vulnerabilidades e Coordenação entre Frações.

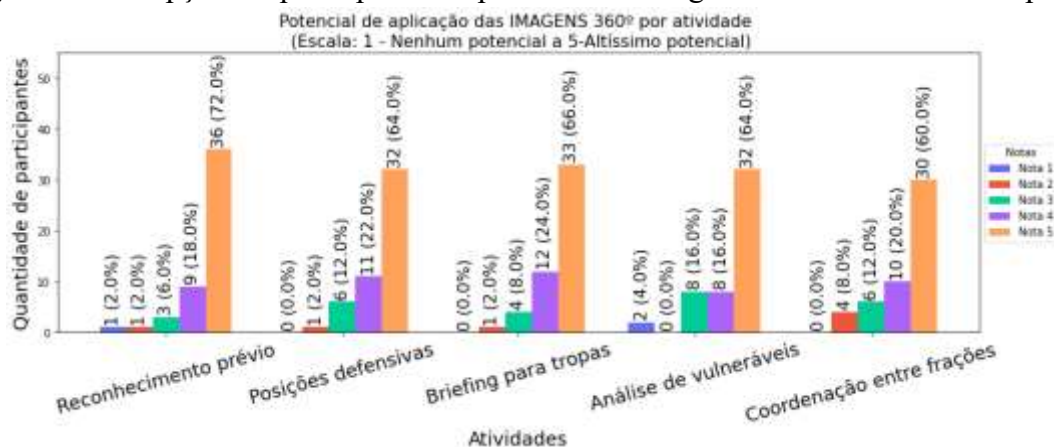
Figura 6 – Percepção dos participantes do potencial dos Modelos 3D em atividades de proteção



Fonte: os autores.

Ao avaliar a percepção dos participantes quanto ao potencial de aplicação das imagens 360° nas atividades de proteção com a mesma escala, observou-se, conforme o gráfico da Figura 7, novamente a predominância de notas “4” e “5”, e com destaque para Reconhecimento Prévio e *Briefing* para as Tropas.

Figura 7 – Percepção dos participantes do potencial das imagens 360° em atividades de proteção



Fonte: os autores.

4.4 O QUE MAPEAR E RECONHECER?

Os participantes puderam indicar os elementos que consideram necessários ao reconhecimento de infraestruturas estratégicas para proteção. Dentre os elementos identificados, destacam-se:

- Aspectos físicos e estruturais: diversos respondentes destacaram a importância de dados técnicos e plantas de engenharia da instalação, incluindo dimensões, pontos cegos, divisões internas, aspectos construtivos e características do terreno. Foram citados ainda o mapeamento de sistemas de refrigeração, projeto elétrico, ligações de água, internet, dutos de ar e túneis de esgoto;

- Acessos e entorno: houve menções frequentes à necessidade de informações sobre vias de acesso, áreas de difícil aproximação, natureza do solo e possíveis obstáculos. Também foi ressaltada a integração com dados sobre localidades próximas, aeródromos e hidrologia;

- Dinâmica operacional e humana: os participantes apontaram que o funcionamento diário da instalação, a circulação de pessoas e o fluxo populacional nos arredores são fatores importantes para a segurança. Alguns destacaram o papel do apoio ou hostilidade da população local;

- Inteligência geoespacial e tecnológica: além de imagens ortorretificadas, foram citadas tecnologias como nuvem de pontos, modelo digital de superfície via *Light Detection And Ranging* (LIDAR), imagens de satélite em tempo real e emprego de SARP para reconhecimento e ataque. Também foram sugeridas ferramentas que integrem campos de tiro, posicionamento de viaturas e áreas de cobertura de comunicações; e

- Segurança e planejamento: os respondentes reforçaram a necessidade de sobrepor informações meteorológicas, condições de luminosidade artificial, mapa de calor das rondas e localização de postos de segurança. Ressaltou-se que nenhuma ferramenta substitui o reconhecimento presencial, mas que essas tecnologias otimizam o planejamento e reduzem ajustes posteriores.

4.5 FUNCIONALIDADES E LIMITAÇÕES DE UMA PLATAFORMA DE GEOVISUALIZAÇÃO

Ao avaliar a percepção dos participantes quanto às funcionalidades que eles consideram essenciais para uma plataforma de Geoinformação voltada à proteção de estruturas estratégicas, onde eles podiam marcar até 5 opções pré-existentes, e inserir outras que eles considerassem importantes, o gráfico da Figura 8 mostra que 92% dos participantes consideravam a Visualização 3D como essencial, seguida de Medição de Áreas e Distâncias (82%) e Funcionalidade *Offline* (76%).

Figura 8 – Percepção dos participantes quanto às funcionalidades essenciais de um SIG voltado para proteção de estruturas



Fonte: os autores.

Quanto à percepção dos participantes em relação às limitações de uma plataforma SIG voltada para a proteção de estruturas estratégicas, o gráfico da Figura 9 mostra que 70% deles consideram a dificuldade de acesso em campo como a maior limitação. Problemas de conectividade (52%), necessidade de treinamento específico (48%), necessidade de atualização constante (48%) e tempo de processamento dos dados (48%), também foram apontados entre os principais obstáculos apontados para adoção da tecnologia.

Figura 9 – Percepção dos participantes quanto às limitações de um SIG voltado para proteção de estruturas

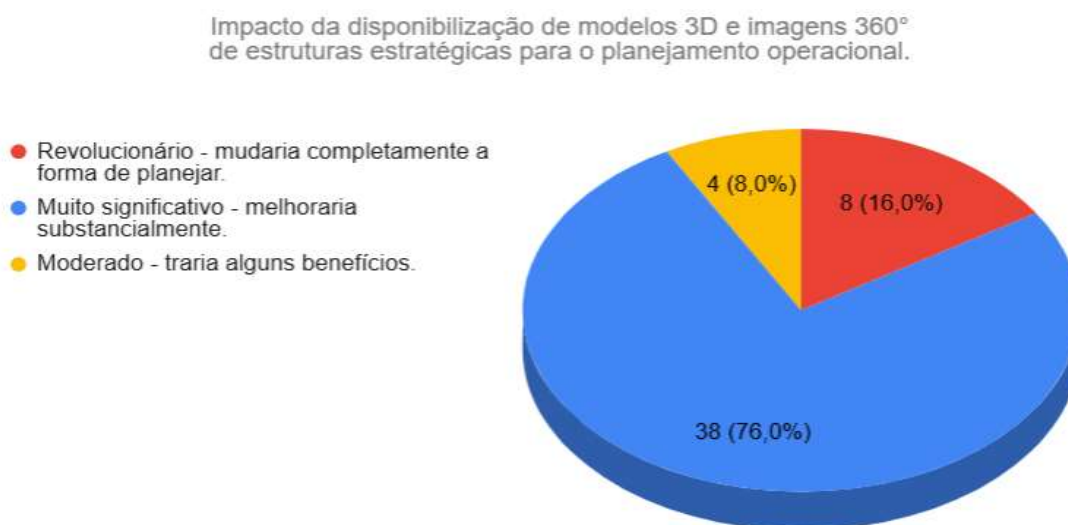


Fonte: os autores.

4.6 IMPACTO E PRIORIZAÇÃO

Ao avaliar o impacto que uma plataforma SIG voltada à proteção de estruturas estratégicas e críticas, 76% dos participantes afirmaram que a adoção de Geoinformação digital teria um impacto muito significativo no planejamento operacional, seguido de 16% que acham que revolucionaria a forma como se planeja esse tipo de operação, e 8% que acham moderado o impacto, trazendo alguns benefícios, conforme o gráfico da Figura 10. Não houve indicações para as opções de “Pequeno impacto” e “Nenhum impacto relevante”.

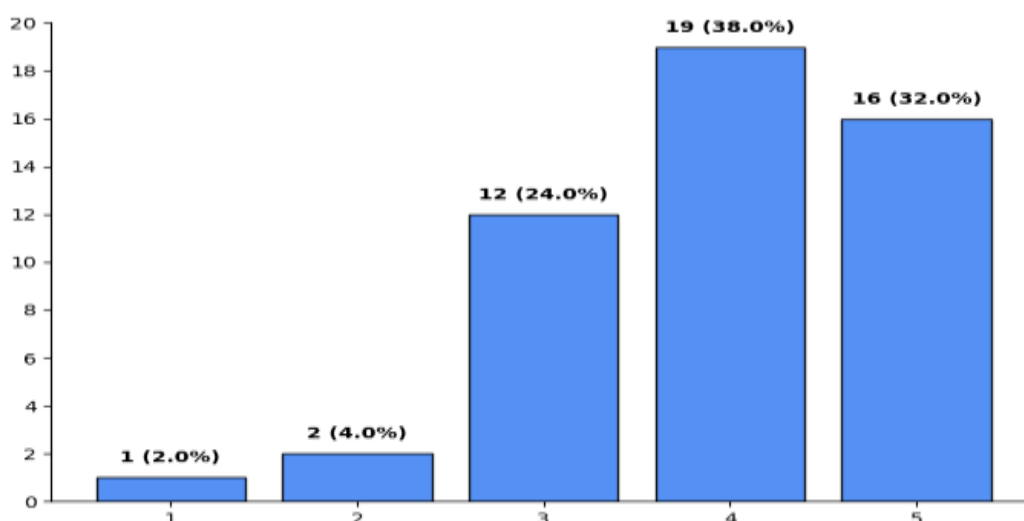
Figura 10 – Percepção de impacto quanto ao planejamento operacional com o uso de uma plataforma de geovisualização



Fonte: os autores.

Em termos de prioridade de investimentos em Geoinformação digital para proteção de estruturas críticas e estratégicas, numa escala de “1” a “5”, na qual “5” era altíssima prioridade, 38% dos participantes deram nota “4” e 32% deram nota “5”, perfazendo 70% dos respondentes, conforme o gráfico da Figura 11.

Figura 11 — Percepção dos participantes quanto à prioridade de investimento em Geoinformação para proteção de estruturas



Fonte: os autores.

5 DISCUSSÃO

A análise dos resultados revela que há um reconhecimento claro e disseminado entre os militares participantes sobre a relevância da Geoinformação digital, sobre o impacto de plataformas de geovisualização e sobre a importância de priorização de investimentos em Geoinformação, tudo no contexto da proteção de infraestruturas estratégicas, como exposto nas Figura 5, 10 e 11, respectivamente. Embora muitos ainda não tenham tido contato direto com modelos 3D ou imagens 360°, a percepção sobre seus benefícios operacionais é bastante positiva, principalmente para o Reconhecimento Prévio da área a ser protegida e *Briefing* para as Tropas, como apresentado nas Figuras 6 e 7.

A predominância de notas máximas na avaliação da importância da Geoinformação está alinhada com o que preconiza o *Manual de Campanha EB70-MC10.336 – Processo de Integração Terreno, Condições Meteorológicas, Inimigo e Considerações Civas* (Brasil, 2023b), que destaca o terreno como fator decisivo para o planejamento operacional. Isso mostra que os respondentes não apenas compreendem o valor da tecnologia, mas a integram ao raciocínio tático vigente.

Os participantes enfatizaram a necessidade de reconhecer os aspectos físicos e estruturais de estruturas estratégicas e críticas a serem protegidas, tais como plantas de engenharia, divisões internas e sistemas construtivos. Isso revela que a percepção situacional não se limita ao entorno visível, mas se estende à infraestrutura oculta e aos sistemas críticos de funcionamento. Esse tipo de informação é vital para antecipar vulnerabilidades, planejar rotas de infiltração e prever pontos sensíveis à proteção.

Ressalta-se a necessidade de conhecer os acessos e entorno da estrutura. A preocupação com vias, obstáculos naturais e características do solo indica a importância da análise topográfica e geotécnica como insumos para a manobra militar. A menção a localidades próximas, aeródromos e hidrografia reforça a necessidade de considerar o contexto geoespacial ampliado.

Os respondentes apontaram para um ecossistema de sensores e produtos — incluindo LIDAR, imagens de satélite em tempo real e SARP — que ampliam a capacidade de coleta e análise. A possibilidade de integrar esses dados a simulações de campos de tiro, posicionamento de viaturas e áreas de cobertura de comunicações sugere um horizonte de interoperabilidade entre sistemas de Geoinformação e plataformas de comando e controle.

Os apontamentos sobre segurança e planejamento reforçam a necessidade de sobrepor variáveis como condições meteorológicas, iluminação e rotinas de patrulha às representações geoespaciais. Embora tenha sido reiterada a insubstituibilidade do reconhecimento presencial, há consenso de que o uso de tecnologias imersivas e analíticas contribui para otimizar o planejamento e reduzir ajustes operacionais em campo. Essa diversidade de percepções aponta para um entendimento mais holístico do emprego da Geoinformação digital na proteção de infraestruturas críticas, em que diferentes camadas de informação se articulam para apoiar decisões mais rápidas, fundamentadas e seguras.

Quanto às funcionalidades para uma plataforma de Geoinformação voltada à proteção de estruturas estratégicas, destacou-se a Visualização 3D como a mais indicada pelos participantes (Figura 8). Isso reforça a já abordada demanda por modelos 3D. Esses conhecimentos adquiridos na pesquisa são importantes para a continuidade do desenvolvimento de plataformas de Geoinformação que atendam às demandas de usuários finais.

No entanto, os dados também apontam desafios estruturais e culturais, como visto na Figura 9. A limitação de equipamentos, a limitada conectividade em campo e a ausência de treinamento específico dificultam a difusão plena dessas tecnologias. A percepção de um respondente reforça estes desafios, ao pontuar que as pequenas frações, em nível tático, utilizariam mais as fotografias, cartas topográficas e receptores GPS “de mão” em vez de um elaborado sistema virtual com uso de modelos 3D. Essa observação reforça a ideia de que o *EBGeo Web* seja uma ferramenta de planejamento para assessoramento à tomada de decisão em nível operacional, não diretamente para emprego em tempo real no nível tático. Além disso, as preocupações com segurança da informação refletem a complexidade do emprego de dados sensíveis no contexto militar, na percepção do participante que pontuou a necessidade de contrainteligência a fim de não facilitar que um sistema desse sirva de apoio ao inimigo.

A percepção de que modelos 3D e imagens panorâmicas 360° podem complementar o reconhecimento *in loco* é recorrente entre os respondentes. Contudo, muitos também destacam que tais recursos devem ser complementares, e não substitutivos, ao reconhecimento presencial, sobretudo em áreas sensíveis. Destaca-se que os participantes consideraram estes produtos de Geoinformação úteis para assessoramento à tomada de decisão também para posicionamento de peças de Artilharia Antiaérea (AA Ae), de posições de comando (postos de observação e de tiro) e emprego anti-SARP, e até mesmo para a confecção de Plano de

Segurança. As imagens panorâmicas 360° inclusive auxiliariam na identificação de pontos críticos em áreas internas de uma estrutura, tais como a rede interna de energia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho fornecem fortes evidências de que há, no âmbito da Força Terrestre, uma clara demanda por ferramentas que ampliem a capacidade de visualização e análise de ambientes operacionais sensíveis. A pesquisa buscou contribuir com esse avanço por meio da identificação sistematizada das potencialidades e limitações da aplicação de modelos 3D e imagens panorâmicas 360° no planejamento e execução de operações voltadas à proteção de estruturas críticas e estratégicas.

O estudo mostrou que os militares percebem essas tecnologias como instrumentos úteis para complementar o reconhecimento *in loco*, especialmente em situações em que o tempo de resposta é curto ou o acesso ao local é restrito. Isso reforça a necessidade de integrar tais ferramentas ao processo de decisão, principalmente nas seções de inteligência (E2) e operações (E3), com apoio dos Centros de Geoinformação (CGEO), promovendo maior interoperabilidade e fluidez na troca de dados. Foram identificadas ainda outras informações relevantes, como feições de interesse a serem mapeadas e funcionalidades desejáveis para a plataforma responsável pela visualização e disseminação de Geoinformação.

Embora muitos participantes tenham apontado limitações de conectividade para o uso pleno, em tempo real, de plataformas como o EBGeo Web, bem como preocupações relacionadas à segurança e à proteção de dados sensíveis e ao emprego adequado da tropa em campo, destaca-se que não há, em um primeiro momento, a pretensão de utilizar a ferramenta em nível tático. Para tal, o Exército já conta com o programa *C2 em Combate*, que cumpre com a finalidade de emprego em tempo real e apresenta uma consciência situacional compartilhada.

Como desdobramento institucional, os resultados apontam que a adoção dessa abordagem pode trazer impactos positivos em operações de GLO, apoio à defesa civil e grandes eventos. A produção e disseminação de modelos geoespaciais digitais, quando associadas a uma plataforma SIG, tal como o *EBGeo Web*, representam um avanço estratégico no eixo de Geoinformação.

Nesse sentido, a disseminação e o emprego de Geoinformação poderão subsidiar o processo decisório e a manobra informacional, conceito aludido como um dos componentes

das Operações Terrestres previsto no Conceito Operacional do Exército Brasileiro (COEB) – Operações de Convergência 2040 - EB20-MF-07.101 - (Brasil, 2023c), manual que descreve como a Força Terrestre será empregada face aos desafios futuros no horizonte de 2040.

Não obstante a aplicação prática da tecnologia depender de capacitação, infraestrutura e cultura organizacional, os resultados indicam que sua adoção é considerada prioritária pela maioria dos militares participantes, o que permite evidenciar o potencial da plataforma para operações militares.

Trabalhos futuros devem considerar a percepção dos usuários quanto às funcionalidades já implementadas e planejadas para o *EBGeo Web* e a possibilidade de integração de diferentes dados, incluindo dados geoespaciais, para tomada de decisões em operações militares, com suporte de inteligência artificial.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BILJECKI, Filip; STOTER, Jantien; LEDOUX, Hugo; ZLATANOVA, Sisi; ÇÖLTEKIN, Arzu. Applications of 3D city models: state of the art review. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [S.l.]: MDPI, v. 4, n. 4, p. 2842–2889, dez. 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/2842>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 076-EME, de 8 de setembro de 2003. Aprova o Manual de Campanha C 101-5 – Estado Maior e Ordens - 1º e 2º Volumes, 2. ed. **Boletim do Exército**, Brasília, DF, n. 37, p. 32, 12 set. 2003. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/73/1/C-101-5-1.Volume.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.569, de 9 de dezembro de 2020. Aprova a Estratégia Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 236, p. 8, 10 dez. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10569.htm. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 11.200, de 15 de setembro de 2022. Aprova o Plano Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 177, p. 9, 16 set. 2022. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11200.htm. Acesso em: 1 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Plano Estratégico do Exército (PEEx): 2024–2027**. Brasília, DF: Estado-Maior do Exército, 2023a. Disponível em:

https://www.eb.mil.br/documents/d/ouvidoria/plano-estrategico-do-exercito_2024-2027. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 275-COTER/C Ex, de 26 de maio de 2023. Aprova o Manual de Campanha EB70-MC10.336 – Processo de Integração Terreno, Condições Meteorológicas, Inimigo e Considerações Civas – PITCIC. 1. ed. **Boletim do Exército**, Brasília, DF, n. 23, 7 jun. 2023b. Disponível em:

https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/003_manuais_carater_doutrinario/01_manuais_de_campanha/port_n_275_coter_26maio2023.html. Acesso em: 6 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 971-EME/C Ex, de 10 de fevereiro de 2023. Aprova o Manual de Fundamentos Conceito Operacional do Exército Brasileiro – Operações de Convergência 2040 (EB20-MF-07.101). 1. ed. **Boletim do Exército**, Brasília, DF, n. 7, 17 fev. 2023c. Disponível em:

https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/003_manuais_carater_doutrinario/03_manuais_de_fundamentos/port_n_971_eme_10fev2023.html. Acesso em: 20 jan. 2026.

BRASIL. Decreto nº 12.725, de 18 de novembro de 2025. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 163, n. 221, p. 2, 19 nov. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/D12725.htm. Acesso em: 19 nov. 2025.

CLARKE, Keith C. Maps and mapping technologies of the Persian Gulf War. **Cartography and Geographic Information Systems**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 80–87, 1992. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Keith-Clarke-4/publication/319989964_Maps_and_mapping_technologies_of_the_persian_gulf_war/links/59d69461aca27213df9e8119/Maps-and-mapping-technologies-of-the-persian-gulf-war.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 12 nov. 2025.

DRESCH, Gabriel. **Possibilidades e limitações do emprego de cartas ortoimagem no planejamento de operações terrestres**. 2022. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:

<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/11823/1/MO%206656%20-%20Gabriel%20DRESCH.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MARIT, Eugeniu. GIS applications for modern-style military operations planning. **Scientific Bulletin “Mircea cel Batran” Naval Academy**, [S.l.], v. XXVI, n. 1, p. 40-48, 2023. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/375573046_GIS_applications_for_modern-style_military_operations_planning/fulltext/654f76203fa26f66f4f45ecf/GIS-applications-for-modern-style-military-operations-

planning.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 13 nov. 2025.

MARTINS, Johny Miranda de Souza. **O emprego de mesas táticas como instrumento de simulação para a realização das instruções de emprego tático dos alunos do Curso de Artilharia Antiaérea para Oficiais**. 2022. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/11889/1/O%20EMPREGO%20DE%20MESAS%20T%C3%81TICAS%20COMO%20INSTRUMENTO%20DE%20SIMULA%C3%87%C3%83O%20%20PARA%20A%20REALIZA%C3%87%C3%83O%20DAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20DE%20EMPREGO%20T%C3%81TICO%20DOS%20ALUNOS%20%20DO%20CURSO%20DE%20ARTILHARIA%20ANTIA%C3%89REA%20PARA%20OFICIAIS.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

NETTO, Osvaldo da Cruz Morett. Capacidades emergentes de geoinformação no Exército Brasileiro. **Military Review – Edição Brasileira**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 80–88, 2018. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/capacidades-emergentes-de-geoinformacao-no-exercito-brasileiro.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

POPESKI, Ron; HUNDER, Max. Rússia ataca infraestrutura energética da Ucrânia com 400 drones. **CNN Brasil**, 16 jul. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/russia-ataca-infraestrutura-energetica-da-ucrania-com-400-drones/>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SANTOS, Heider Staeve dos. **A geoinformação temática e suas possibilidades de interação com a alta administração**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/14018/1/MO%207023%20-%20Heider%20STAEVIE%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

TINTORI, Rodrigo Giacomini. **O emprego de sistemas de informações geográficas na 2ª fase do exame de situação do comandante U/SU engenharia na defesa em posição das operações defensivas**. 2019. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/5114/1/4022%20TINTORI.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2025.